

James Watt

Aus dem Corpus Imaginum der Photographischen Gesellschaft in Berlin.

Die Entwicklung der Dampfmaschine.

Eine Geschichte der ortsfesten Dampfmaschine und
der Lokomobile, der Schiffsmaschine und Lokomotive.

Im Auftrage des Vereines deutscher Ingenieure

bearbeitet von

Conrad Matschoss.

Erster Band.

Mit 780 Textfiguren und 32 Bildnissen.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1908.

Geleitwort.

Seinem lebhaften Wunsche, daß eine Geschichte der Dampfmaschine geschrieben werden möchte, hat der Verein deutscher Ingenieure bereits vor fünfzehn Jahren dadurch Ausdruck gegeben, daß er zu diesem Zweck ein Preisausschreiben erließ. Leider waren diese Bemühungen trotz wiederholter Ausschreibung vergeblich. So entschloß sich denn der Verein im Jahre 1902, Herrn Ingenieur Matschoß, der sich auf diesem Gebiete bereits rühmlich hervorgetan hatte, mit der Bearbeitung einer umfassenden Geschichte der Dampfmaschine zu betrauen. Das Ergebnis seiner fünfjährigen Arbeit ist das Werk, dem diese Worte das Geleit in die Kreise der Fachgenossen geben wollen.

Es dürfte die höchste Zeit sein, den im unaufhaltsamen Fortschritt der Neuzeit mit größter Anstrengung arbeitenden Ingenieur daran zu erinnern, daß er nicht nur vorwärts blicken darf, sondern es sich und seinem Stande schuldig ist, auch der Vergangenheit zu denken und die Geschichte seines Berufes, seines Faches sicherzustellen. Wie dringend solche geschichtlichen Forschungen auf dem von Herrn Matschoß bearbeiteten Gebiete der Dampfmaschine waren, hat der ihm erteilte Auftrag gezeigt. Nicht nur die Personen sterben, deren Wirken maßgebend und bahnbrechend gewesen ist; auch die sachlichen Zeugen der Vergangenheit, die Maschinen selbst und ihre Zeichnungen, vergehen und verschwinden mehr und mehr. Noch ist es Herrn Matschoß gelungen, für seine Geschichte der Dampfmaschine von älteren Ingenieuren wertvolle Auskünfte zu erhalten, und seinem unermüdlichen Eifer ist es zu danken, daß zahlreiche Zeichnungen in entlegenen Dachkammern aufgespürt worden sind, die sonst über kurz oder lang dem Schicksal alles Irdischen verfallen gewesen wären.

Wenn diesem ersten Werk eine ausreichende Anerkennung von seiten der Fachgenossen zuteil wird, darf der Hoffnung Raum gegeben werden, daß der Verein deutscher Ingenieure und Herr Matschoß auch anderen Gebieten der Technik die gleiche Behandlung angedeihen lassen, um ihre Geschichte zu sichern.

Berlin, im Dezember 1907.

Th. Peters

Direktor des Vereines deutscher Ingenieure.

Vorrede.

Der Geschichte der Dampfmaschine ist es gegangen, wie häufig dem Geschichtsunterricht an unseren höheren Schulen: sie konnte über Altertum und Mittelalter nicht bis zur Neuzeit kommen. Je „älter“ eine Konstruktion war, um so liebevoller wurde sie auch in den ersten geschichtlichen Arbeiten, die naturgemäß zuerst in England, im Lande der ersten Dampfmaschinen, erschienen sind, behandelt. Vielfach hat man sich begnügt, ausführlich den Inhalt von Patenten wiederzugeben, ohne sich viel um den Wert und die wirtschaftliche Bedeutung der in Frage kommenden Konstruktion zu kümmern. Auch naive Märchen wurden ernsthaft weiter erzählt — und geglaubt. Daß Watt als Knabe durch träumerisches Anstarren eines Teekessels bereits die ganze Dampfmaschine „erfunden“ habe, ist nur eines davon, das allerdings genügt, um zu erkennen, wie leicht sich manche Gebildete, in deren Kreisen man wohl noch heute dies Geschichtchen als Geschichte vortragen könnte, das Erfinden, das technische Schaffen vorstellen.

Während so die geschichtliche Behandlung in den Anfängen stecken blieb, ging die Entwicklung der Dampfmaschine mit Riesenschritten voran. Was heute noch unmöglich war, wurde morgen möglich; ungeahnt, die kühnsten Träume überflügelnd, dehnte sich der Machtbereich der Dampfmaschine aus. Alle Gebiete menschlicher Tätigkeit eroberte sich diese erste von den Launen des Windes und Wetters unabhängige Kraftmaschine. Indem sie sich als Schiffsmaschine und Lokomotive das Gebiet des Verkehrs eroberte, begann sie das gesamte Leben der Kulturmenschheit umzugestalten.

In diesem ungestümen Vorwärtsdrängen, in diesem „Geschichte Machen“, vergaß man das „Geschichte Schreiben“.

Erst die letzten Jahrzehnte zeigen wieder einige Arbeiten, die sich als Geschichte der Dampfmaschine bezeichnen. Als Anhang zu Scholls „Führer des Maschinisten“ hat Reuleaux einigen geschichtlichen Angaben, besonders über die ältesten Zeiten, verbrämt mit einigen seiner geistreichen kinematischen Ansichten, die Überschrift: „Kurzgefaßte Geschichte der Dampfmaschine“ gegeben und sie unter diesem Titel 1891 auch selbständig erscheinen lassen.

In Amerika veröffentlichte R. H. Thurston 1878 „A history of the growth of the steam engine“, die, von W. H. Uhlund ins Deutsche übersetzt, 1880 unter dem Titel „Die Dampfmaschine, Geschichte ihrer Entwicklung“ erschienen ist. Sie enthält oft in allzu buntem Durcheinander eine Menge interessanter geschichtlicher Angaben konstruktiver, allgemein kultureller und biographischer Art. Auf sehr viele, für die geschichtliche Entwicklung, besonders der neueren Zeit, bedeutungsvolle Fragen wird man jedoch vergeblich eine Antwort suchen.

In meiner 1901 erschienenen „Geschichte der Dampfmaschine, ihre kulturelle Bedeutung, technische Entwicklung und ihre großen Männer“ habe ich den Werdegang der Dampfmaschine bis zur Gegenwart zu schildern versucht und zugleich auf die Stellung dieser technischen Erfindung im Rahmen der menschlichen Kultur hingewiesen. Durch kurze, den Schluß des Buches bildende Biographien suchte ich dem Leser die großen Männer der Dampfmaschinengeschichte auch menschlich näher zu bringen. So sorgfältig ich auch die mir damals zugängliche Literatur benutzte, wurde mir im Verlaufe der Arbeit doch klar, daß eine grundlegende, das ganze Gebiet bis zur neuesten Zeit umfassende Geschichte der Dampfmaschine auf diesem Wege nicht zu schaffen sei. Das sollte und konnte auch diese meine erste Arbeit, die sich an alle technisch Gebildeten wandte, ja über diese Kreise hinaus auch den nicht unmittelbar dem technischen Leben Angehörigen von der ungeheuren, auf die Ausgestaltung der Dampfmaschine gerichteten technischen Arbeit erzählen sollte, nicht sein. Ein möglichst vollständiges und naturwahres Bild vom Entwicklungsgang gerade der neueren Zeit — und das schien mir für eine groß angelegte Geschichte besonders erforderlich — ließ sich nur dann gewinnen, wenn es gelang, die Archive der Fabriken, den technischen Nachlaß der bedeutenden Ingenieure und vor allem die persönlichen Erinnerungen der Männer, die maßgebenden Einfluß auf die Entwicklung ausgeübt hatten, als Quellen heranzuziehen.

Die Möglichkeit, auf diesem Wege ein grundlegendes Werk zu schaffen, hat mir der Verein deutscher Ingenieure gewährt, der schon vorher durch ein mehrfach wiederholtes Preisausschreiben sein großes Interesse an der Geschichte der Dampfmaschine bekundet hatte. Indem er mich durch namhafte Geldmittel unterstützte und mir durch seine vielen Beziehungen die Wege zu den Quellen bahnte, hat er meine Arbeit auf das wesentlichste gefördert.

Die vorliegende Arbeit, dessen I. Band bereits Mitte 1906 fertig vorlag, hat mit meinem ersten Buche nur das Thema gemein und ist, wie sich aus dem Umfang und aus der Art der Stoffbehandlung ergibt, als neuartig, nicht aber als Fortsetzung oder bloße Erweiterung der früheren Arbeit anzusehen. Dem Verein deutscher Ingenieure, in dessen Auftrage ich die große Arbeit beginnen und vollenden konnte, habe ich deshalb in erster Linie hier meinen Dank auszusprechen.

1902 konnte ich mit der Stoffsammlung in der angedeuteten Weise be-

ginnen. Ich konnte in Deutschland die bedeutenden Dampfmaschinenfabriken ohne Ausnahme besuchen, ebenso in der Schweiz, in Österreich und Ungarn, in Belgien und den Niederlanden die wichtigsten Fabriken kennen lernen, und in den noch vorhandenen Zeichnungen vermochte ich den Entwicklungsgang der Dampfmaschine aufs genaueste zu studieren. Eine mehr oder weniger große Auswahl der wichtigsten mir auf längere Zeit zur Verfügung gestellten Zeichnungen machte es mir möglich, durch gründliches Eingehen auf Einzelheiten der Konstruktion und Vergleichen mit anderen gleichzeitigen Ausführungen ein allgemeines Bild über die gesamte Entwicklung zu gewinnen. Durch ausgedehnte persönliche Besprechungen mit den Männern, die diese Konstruktionen geschaffen oder wesentlich beeinflußt hatten, und durch daran sich anknüpfenden, umfangreichen Briefwechsel wurde die Anschauung berichtigt, erweitert und vertieft. Etwa zehntausend Originalzeichnungen mögen so im Laufe der ersten Jahre an Ort und Stelle von mir eingesehen worden sein; mehr als tausend sind eingehender von mir zu Hause bearbeitet worden.

Jetzt, am Abschluß meiner Arbeit, gedenke ich mit freudigem Dank dem über Erwarten großen Entgegenkommen der maßgebenden Firmen und der Männer, die draußen in der Praxis oder von den Lehrstühlen unserer Hochschulen aus bedeutsam in die Entwicklung eingegriffen haben. Die Stunden, die sie mir von ihrer oft nur allzu knapp bemessenen Zeit gewidmet haben, werden mir stets in schönster Erinnerung bleiben. Alle Namen hier zu nennen, hieße einen Teil des Mitgliederverzeichnisses des Vereines deutscher Ingenieure zum Abdruck bringen und dürfte sich auch erübrigen, weil sich aus der Arbeit selbst Art und Umfang dieser dankenswerten Unterstützung ergibt. Ich habe ferner zu danken den hohen Staatsbehörden, vor allem dem preußischen Minister für Handel und Gewerbe, der mir nicht nur wichtige Akten des Ministeriums zugänglich machte, sondern auch die ihm unterstellten Oberbergämter ermächtigte, meine Arbeit durch leihweise Überlassung von Akten und Zeichnungen zu fördern. Auf diesem Wege habe ich in erster Linie aus dem überaus reichen Archiv des Breslauer Oberbergamts die wichtigsten Aufschlüsse über die Anfänge des Dampfmaschinenbaues in Deutschland erhalten. Die Königlichen Bergbehörden in Freiberg in Sachsen sind mir in gleicher Weise entgegengekommen. Das Reichsmarineamt hat mir den Besuch der drei kaiserlichen Werften gestattet und das genaue Studium der Schiffsmaschinenakten und -zeichnungen in dankenswertester Weise ermöglicht. Ebenso haben mich in weitgehendster Weise das Kaiserliche Patentamt, das Königliche Statistische Landesamt und andere staatliche und städtische Behörden unterstützt.

Das größte Entgegenkommen habe ich auch bei der Leitung des Victoria and Albert Museums in Kensington-London gefunden, wo ich im Studium der überaus reichhaltigen Sammlungen alter Originalmaschinen, Modelle und Zeichnungen unvergeßliche Tage verleben konnte. Auch die

Schätze des Pariser Conservatoire des Arts et Métiers habe ich mit reichem Gewinn für meine Arbeit studieren können. Als das Deutsche Museum in München seine Sammlungen öffnete, war meine Materialsammlung im wesentlichen abgeschlossen. Die Beziehungen meiner Arbeit zu diesem Museum drücken sich jedoch darin aus, daß es gelungen ist, einige der hier behandelten bemerkenswerten Dampfmaschinen als dauernde Erinnerung an wichtige Entwicklungsstufen in München aufzustellen. Wer aus eigener Erfahrung weiß, wie außerordentlich viel für die geschichtliche Forschung unersetzliches Material bereits verloren gegangen ist, wird das Deutsche Museum als Schatzkammer für die Erkenntnis unserer gesamten technischen Entwicklung aufs höchste wertschätzen müssen.

Naturgemäß mußte auch in umfassendster Weise auf die vorhandene Literatur als Quelle zurückgegriffen werden. Die Möglichkeit, in Cöln in so reichem Maße, wie es meine Arbeit erforderte, Bücher und Zeitschriften einzusehen, bot mir in erster Linie während meines Aufenthaltes in Cöln die Bibliothek der Technischen Hochschule in Aachen, deren verdienstvollem Leiter ich deshalb zu großem Dank verpflichtet bin. Auch die Bibliotheken anderer Hochschulen, in den letzten Jahren hauptsächlich Berlin, haben mich neben den Büchersammlungen von Behörden, Vereinen, einzelnen Firmen und Ingenieuren sehr gefördert.

Gewaltig, zuweilen fast erdrückend, war der Stoff, der aus diesen großen und kleinen Kanälen meiner Arbeit zufließt. Immer von neuem hieß es sichten und sich beschränken, um nicht ins Maßlose zu geraten. Es galt, nur Wesentliches im geschlossenen Bilde festzuhalten. Als Maßstab hierfür konnte die wirtschaftliche Wertschätzung einer Konstruktion oder einer Erfindung, wie sie sich im Laufe der Jahre herausstellte, angesehen werden. Denn nur was Wind und Wetter wirtschaftlich praktischer Verwendung auszuhalten vermag, verdient als wichtiges Glied der gesamten Entwicklung geschichtlich festgehalten zu werden. Erfindungsgedanken, die über die Akten des Patentamtes nicht hinausgekommen sind, geistreiche Ideen, die schon bei der ersten Ausführung scheiterten, gehören nur ausnahmsweise, soweit sie zum Verständnis der Entwicklung nötig sind, hierher. Geschichte hat Geschehenes zu berichten und muß sich begnügen, in erster Linie das zu schildern, was einer getan hat, und nicht das in den Kreis seiner Betrachtung zu ziehen, was einer hat tun wollen. Wer auf Grund der Patente nur eine Geschichte schreiben wollte, gliche dem Verfasser einer Kriegsgeschichte, der auch alle jemals niedergelegten Schlachtenpläne behandeln wollte. Im Reiche der Technik gelten Taten und nicht Worte, und deshalb ist es berechtigt und notwendig, am ausführlichsten von diesen Taten zu berichten. Absonderliche Konstruktionen, die eine Ausnahme bleiben und meistens ebenso schnell wieder verschwinden, wie sie entstanden sind, wurden deshalb nur, soweit es für das allgemeine Verständnis erforderlich schien, behandelt. Dagegen ist auf die für ganze Entwicklungsreihen maßgebendsten Konstruktionen ausführlich eingegangen worden.

Über die Einteilung des ganzen Werkes gibt das Inhaltsverzeichnis Aufschluß. Wer versucht, etwas Lebendes — und das ist die gleichsam organisch gewordene Dampfmaschine — in den starren Schubkästen einer planmäßigen Einteilung unterzubringen, muß Zugeständnisse nach der einen oder anderen Richtung machen. Eine nach jeder Beziehung befriedigende Lösung ist kaum denkbar. Nach verschiedenen Versuchen erschien mir die hier benutzte Einteilung die brauchbarste.

Im ersten Teil habe ich versucht, die Bedeutung der Dampfmaschine im Rahmen der Wirtschafts- und Kulturgeschichte zu schildern. Hier wird auch über die Entwicklung des Dampfmaschinenbaues in den einzelnen Ländern gesprochen.

Der zweite, bei weitem größere Teil beschäftigt sich mit der technischen Entwicklung und zerfällt in drei große Abschnitte, von denen der erste die eigentliche Entstehung der Dampfmaschine umfaßt und mit dem Erlöschen von Watts Patent 1800 abschließt. Der zweite Abschnitt reicht bis etwa 1860; er ist gekennzeichnet durch die riesige Ausdehnung der Dampfmaschinenverwendung; Dampfwagen, Lokomotive und Schiffsmaschine gesellen sich zur ortsfesten Dampfmaschine. Der dritte Abschnitt, der von 1860 bis zur Neuzeit reicht, ließe sich als Vollendungsperiode kennzeichnen, wenn es erlaubt wäre, den Begriff Vollendung auf technische Entwicklungen anzuwenden. Er beginnt mit der Einführung der Verbundwirkung bei der Schiffsmaschine und der sogen. Präzisionssteuerung bei den ortsfesten Maschinen und nimmt neben drei, die Entwicklung der Einzelteile, des Indikators und der hierher gehörigen technischen Wissenschaften schildernden, kurzen Schlußkapiteln den ganzen zweiten Band ein. Die Kapiteleinteilung der beiden die Geschichte der Dampfmaschine von 1800 bis heute behandelnden Abschnitte ist die gleiche, so daß es möglich ist, durch Überschlagen der dazwischen liegenden Teile auch die Geschichte der Betriebsmaschine, der Wasserhaltungs- oder Schiffsmaschine usw. im Zusammenhange zu lesen.

Biographische Angaben über die Männer, die maßgebend in die Entwicklung eingegriffen haben, sind, soweit ich sie erhalten konnte, an geeigneter Stelle gegeben. Einen wertvollen Schmuck hat das Werk durch zahlreiche Bildnisse erhalten, die mit Ausnahme des Titelbildes sämtlich nach den verschiedenartigsten, oft sehr dürftigen Vorlagen, um eine einheitliche künstlerische Wirkung zu erzielen, in Federzeichnung von Herrn F. Rolan, Berlin, hergestellt wurden. Habe ich Herrn Rolan für diesen Buchschmuck zu danken, so nicht minder den Herren F. Jungwirth, K. Knipping und K. Schwender für ihre treue und mühevollen Hilfeleistung bei der Korrektur.

Wenn ich jetzt am Schluß einer Arbeit stehe, die mich nach den verschiedensten Richtungen hin auch oft weit über den Rahmen des vorliegenden Werkes mit dem Entwicklungsgang der gesamten Technik bekannt gemacht hat, so bin ich mir bewußt, daß auch diese meine beiden

der Geschichte der Dampfmaschine gewidmeten Bücher noch nicht Antwort auf jede Frage zu geben vermögen. Je tiefer man in ein Gebiet eindringt, um so umfangreicher wird es. Jede Lösung bringt neue Fragen. Manches mußte ich auch, um den Umfang nicht noch größer werden zu lassen und die Zeit des Erscheinens nicht noch weiter hinauszurücken, zurückstellen und auf eingehende Behandlung zunächst verzichten.

Für alle Verbesserungen, Ergänzungen und Berichtigungen, die mir zugehen und die zu verwerten mir bei einer günstigen Aufnahme dieser Arbeit vielleicht eine zweite Auflage Gelegenheit bietet, werde ich im Interesse der technisch-geschichtlichen Forschung herzlich dankbar sein.

Nur durch eifriges Mitarbeiten derer, die Geschichte machen, läßt sich Geschichte schreiben, zumal in der Technik, wo wohlgeordnete Archive und lange Memoirenwerke, Briefwechsel usw. fehlen. Möge es mir gelingen, der großen Geschichte der Technik durch meine Arbeit neue Freunde und eifrige Förderer zu gewinnen und das Verständnis für die große kulturgeschichtliche Bedeutung technischer Arbeit in weiteste Kreise zu tragen.

Berlin, 1. Dezember 1907.

Conrad Matschoß.

Inhaltsverzeichnis zum ersten Bande.

Erster Teil.

Die Dampfmaschine im Rahmen der Wirtschafts- und Kulturgeschichte.

	Seite
I. Einleitung	3
Die Arbeit als Kulturmaßstab	3
II. Die Kraftmaschine vor Einführung der Dampfmaschine	6
1. Allgemeines	6
2. Die Muskelkraftmaschinen	8
3. Die Wasserkraftmaschinen	13
4. Die Windkraftmaschinen	17
5. Die Ausnutzung der Explosionskraft der Pulvergase	20
III. Die Entstehung der Dampfmaschine und ihre Einführung in die einzelnen Betriebszweige	23
1. Allgemeines	23
2. Die Dampfmaschine im Bergbau und Hüttenwesen	29
3. Die Dampfmaschine im gewerblichen Betriebe	39
4. Die Einführung der Dampfmaschine in die Landwirtschaft	47
5. Die Dampfmaschine im Dienste allgemeiner Wohlfahrt	60
6. Die Dampfmaschine im Dienste des Verkehrs	67
A. Die Einführung der Dampfmaschine in den Schiffsverkehr	67
B. Die Einführung der Dampfmaschine in den Landverkehr	88
a) Der Dampfwagen auf den gewöhnlichen Straßen	88
b) Die Lokomotiveisenbahn	92
C. Die Wirkung der Dampfkraft als neue Verkehrsmacht	96
IV. Einführung und Ausbreitung der Dampfmaschine und Entstehung des Dampfmaschinenbaues in den einzelnen Staaten	107
1. Allgemeines	107
2. Großbritannien und Irland	114
3. Deutschland	140
A. Allgemeines	140
B. Die ersten Dampfmaschinen in Deutschland und die Entwicklung des Dampfmaschinenbaues bis zur Eröffnung der ersten Eisenbahn und Gründung des deutschen Zollvereins	143
Das erste Auftreten von Dampfschiff und Lokomotive	175

	Seite
C. Der Bau und die Verwendung der Dampfmaschinen von Mitte der 30er Jahre bis zur Neuzeit	179
Die erste Entwicklung des Lokomotivbaues	182
Die Entwicklung der Schifffahrt und des Schiffsmaschinenbaues	197
D. Statistische Übersicht über Dampfmaschinenbau und Dampfmaschinenverwendung	202
4. Österreich-Ungarn	207
5. Die Schweiz	212
6. Frankreich	219
7. Belgien	233
8. Niederlande	239
9. Italien	241
10. Spanien	242
11. Die Türkei und Griechenland	242
12. Die nordischen Reiche (Schweden — Norwegen — Dänemark)	243
13. Rußland	245
14. Amerika	251
A. Vereinigte Staaten von Nordamerika	251
B. Die übrigen Staaten Amerikas	264
15. Asien	266
16. Afrika	268
17. Australien	269
V. Die sozialen Wirkungen der Dampfmaschine	271

Zweiter Teil.

Die technische Entwicklung der Dampfmaschine.

A. Die Entstehungsgeschichte der Dampfmaschine bis 1800.

I. Vorläufer — Papin — Savery	281
1. Anfänge der Dampfbenutzung	281
2. Die Erfindung der atmosphärischen Kolbenmaschine durch Papin	287
3. Kolbenlose direktwirkende Dampfpumpen	291
a) Saverys Dampfpumpe	291
b) Papins Dampfpumpe	296
c) Weitere Entwicklung der direktwirkenden Dampfpumpen	300
II. Die atmosphärische Maschine	303
1. Newcomens Maschinen	303
2. Smeatons verbesserte atmosphärische Maschine	312
3. Entwicklung der atmosphärischen Maschine nach Watts Erfindungen	318
4. Die Entwicklung der Steuerung	322
5. Die atmosphärische Maschine mit Drehbewegung	327
6. Doppeltwirkende atmosphärische Maschinen	330
7. Die Heslop-Maschine	332
8. Berechnung und Betriebsverhältnisse der atmosphärischen Maschinen	335
III. Die Wattsche Dampfniederdruckmaschine	339
1. Watts erste Versuche und Erfindungen	339

2. Watts einfachwirkende Pumpmaschine	346
a) Die erste Ausführung	346
b) Watts normale Wasserhaltungsmaschine	349
c) Kondensationseinrichtung und Betriebsangaben	353
3. Watts Benutzung der Expansion	355
4. Wattische Dampfmaschinen mit Drehbewegung	356
a) Erste Versuche, die Bewegung umzuwandeln	356
b) Das Sonnen- und Planetenradgetriebe	359
c) Die doppeltwirkende Maschine	360
d) Die normale Wattische Betriebsmaschine	363
5. Die Steuerung der Wattischen Betriebsmaschine	365
6. Ausführung und Bedienung der Maschine	368
7. Rechnungsgrundlagen der Wattischen Maschine, Abmessung und Leistung	369

B. Die Entwicklung der Dampfmaschine von 1800 bis 1860.

I. Die Entwicklung der Betriebsdampfmaschine	373
1. Die allgemeine Anordnung	373
a) Allgemeines	373
b) Stehende Dampfmaschinen	375
Die Balanciermaschine	375
Stehende Dampfmaschinen ohne Balancier	385
c) Oszillierende Dampfmaschinen	399
d) Liegende Dampfmaschinen	404
2. Die Hochdruckdampfmaschine	413
a) Die Anfänge der Hochdruckdampfmaschine. Allgemeines	413
b) Die Hochdruckdampfmaschine von Oliver Evans	415
c) Die Hochdruckdampfmaschine von Richard Trevithick	419
d) Reichenbachs Hochdruckmaschine und die Dampfmaschine mit sehr hohem Druck von Perkins	422
e) Dr. E. Albans Hochdruckdampfmaschine	428
3. Die Mehrfach-Expansionsmaschine	434
a) Hornblowers Zweifach-Expansionsmaschine	434
b) Arthur Woolfs Zweifach-Expansionsmaschine	436
c) Wirkungsweise verschiedener Mehrfach-Expansionsmaschinen	439
d) Die konstruktive Ausführung der Zweifach-Expansionsmaschine (Woolfsche Maschine)	446
4. Die Entwicklung der Steuerung und Regulierung	455
a) Die Dampfverteilungsorgane	455
b) Übersicht über die äußere Steuerung	463
c) Übersicht über die Expansionssteuerung	463
d) Beispiele für die konstruktive Ausführung der Steuerung	464
Ventilsteuerungen	464
Verschiedene Expansionssteuerungen	466
Die Regulierung der Maschine	473
5. Übersicht über die Entwicklung der Kondensation	474
6. Die rotierenden Dampfmaschinen	477
a) Allgemeines	477
b) Einige Beispiele ausgeführter Maschinen	479
II. Die Pumpmaschine	482
1. Wasserhaltungsmaschinen	482
A. Die Wasserhaltungsmaschinen des Kontinents am Anfange des 19. Jahrhunderts	482

	Seite
B. Die Cornwall-Maschine	495
a) Allgemeines. Die ersten direktwirkenden Pumpmaschinen . .	495
b) Trevithicks Hochdruck-Plungermaschine	498
c) Anwendung weitgehender Expansion auf die normale Maschine	500
d) Die Cornwall-Steuerung	508
C. Allgemeine Anordnung und Ausführung der Wasserhaltungsmaschinen von 1830 bis 1860	511
2. Pumpmaschinen für Entwässerungszwecke	517
3. Wasserwerksmaschinen	527
A. Die einfachwirkenden Hubmaschinen	527
B. Die Wasserwerksmaschinen mit Drehbewegung	532
4. Dampfmaschine und Dampfspritze	538
III. Die Fördermaschine	541
1. Allgemeine Anordnung	541
2. Die Entwicklung der Umsteuerung	548
3. Abmessungen und Betriebsangaben	554
4. Fahrkünste und Dampfhebezeuge	556
IV. Die Gebläsemaschine	558
V. Die Walzenzugmaschine	577
VI. Der Dampfhammer	578
VII. Die Entwicklung der ortsfesten Dampfkessel	592
1. Allgemeines	592
2. Die Kessel der atmosphärischen Maschine und der Dampfniederdruck- maschine	594
3. Dampfkessel für höheren Druck	605
4. Feuerung und rauchlose Verbrennung	618
5. Kesselarmatur	620
a) Sicherheitsvorrichtungen	620
b) Manometer	622
c) Speisevorrichtung und Wasserstandsanzeiger	623
6. Der Betrieb des Kessels	624
7. Bestimmungsgrößen und Betriebsergebnisse	625
VIII. Die Schiffsmaschine	628
1. Die ersten Schiffsmaschinen	628
2. Die Schiffsmaschinen der Raddampfer	640
A. Die amerikanische Balanciermaschine	640
a) Allgemeine Anordnung	640
b) Die Entwicklung der Steuerung	643
c) Mehrfach-Expansionsmaschinen	647
d) Abmessungen und Betriebsverhältnisse	647
B. Die Balanciermaschine	648
a) Die doppelarmige Seitenhebelmaschine	648
b) Die einarmige Seitenhebelmaschine	654
c) Die Evanssche Balanciermaschine	656
C. Die direktwirkende Maschine	658
a) Allgemeines	658
b) Die „Gorgon“-Maschine	659
c) Andere Anordnungen der direktwirkenden Maschine	665
d) Die oszillierende Maschine	670
e) Die schrägliegende Maschine	680

	Seite
D. Die Mehrfach-Expansionsmaschine	685
a) Woolfsche Maschinen	685
b) Erste Einführung der Verbundmaschine	688
3. Die Schrauben-Schiffsmaschine	699
A. Die Einführung der Schraube. Maschinen mit Vorgelege	699
B. Die liegende Maschine	703
a) Die normale Kreuzkopfmachine	703
b) Die liegende Trunkmaschine	709
c) Die liegende Maschine mit rückkehrender Schubstange	713
C. Die schrägliegende Maschine	718
D. Die Hammermaschine	720
E. Die rotierende Schiffsmaschine	729
F. Schiffsmaschinen für Zweischraubendampfer	731
4. Übersicht über die Entwicklung der Steuerung	734
A. Steuerungsorgane. Allgemeines	734
B. Die Umsteuerung der Maschine	737
5. Übersicht über Luftpumpen und Kondensationseinrichtungen	746
6. Übersicht über Betriebsverhältnisse und Leistungen der Schiffsmaschine	747
IX. Übersicht über die Entwicklung der Schiffsdampfkessel	751
X. Der Dampfwagen auf gewöhnlichen Straßen	761
XI. Die Entwicklung der Lokomotive	773
1. Die Anfänge der Lokomotive	773
2. Die Lokomotiven des Wettkampfes zu Rainhill 1829	784
3. Die weitere Ausbildung der Lokomotive	791
4. Die Entwicklung der Steuerung	810
a) Die innere Steuerung	810
b) Die äußere Steuerung	811
Steuerung mit losem Exzenter	811
Gabelsteuerungen	813
Kulissensteuerungen	818
Verschiedene andere Steuerungsarten	823
Besondere Expansionssteuerungen	824
5. Übersicht über die Entwicklung der Lokomotivkessel	829
6. Betriebsverhältnisse und Leistungen	832

Erster Teil.

Die Dampfmaschine im Rahmen der Wirtschafts- und Kulturgeschichte.

Einleitung.

Die Arbeit als Kulturmaßstab.

Die Arbeit ist die ständige Begleiterin der ganzen Menschheit auf ihrem Entwicklungsgange. Der Kampf ums Dasein — rein wörtlich aufgefaßt — hat von Anfang an den Menschen zur Arbeit gezwungen. Aus angestrenzter Arbeit sind ihm dann alle jene riesigen Tätigkeitsgebiete erwachsen, von denen jedes einzelne sich vor dem Blick dessen, der es aus eigener Arbeit kennen gelernt hat, in unermeßliche Weiten auszudehnen scheint. Immer wieder von neuem eröffnet ununterbrochene Forschungsarbeit ein neues Tor in der Mauer, die unser Wissen umschließt und läßt uns hindurch in weite unbekannte Gebiete schauen, die zu neuer Arbeit einladen.

So erweitern sich stetig die menschlichen Arbeitsgebiete nach allen Richtungen, und mit ihnen erstarkt die menschliche Kultur, sie breitet sich aus, sie vertieft sich. In rastlos zäher Arbeit haben längst vergangene Menschheitsgeschlechter ein breites, kräftiges Fundament zu unserer Kultur gelegt, haben begonnen das stolze Bauwerk zu errichten, und ein Menschengeschlecht nach dem anderen hat das Vorhandene von den Vorfahren übernommen, weitergeführt und wieder den nachkommenden überlassen, es weiter fortzusetzen. So ist die Arbeit zugleich die Grundlage und der Maßstab unserer ganzen Kultur.

Den einzelnen Menschen geht es wie den ganzen Völkern. Die jugendkräftigen und arbeitsfrohen Naturen dringen unaufhaltsam voran. Die rastlose Arbeit erringt schließlich den Erfolg. Erst wenn steigende Genußsucht und Ruhebegehrt die Arbeitskraft verringern, ist dem Vorwärtsschreiten die Grenze gezogen.

Wäre es möglich, die Entstehung der Kultur in ihren Gesamterscheinungen zu schildern, immer wieder würde die Arbeit an erster Stelle als das treibende Moment zu nennen sein. Es würde sich zeigen, wie im Entwicklungsgang die Bedürfnisse der Menschheit stetig gestiegen, der Begriff des zum Dasein notwendigen sich erweitert hat, und nur wieder vermehrte Arbeit diesen größer gewordenen Forderungen gerecht werden konnte. So vermindert sich nicht, sondern vermehrt sich die Arbeit mit Ausbreitung und Vertiefung der Kultur.

Eine solche Geschichte würde das hohe Lied menschlicher Arbeit sein, ein Lied, das schon in uralten Zeiten leise bald hier, bald dort unterbrochen einsetzte, in immer kraftvolleren Tönen dann die Menschheit begleitete und heute mit so machtvollen Akkorden die Welt durchtönt, daß Ehrfurcht und Bewunderung jedes Menschenherz durchziehen muß ob der gewaltigen, nie rastenden Arbeit der heutigen Kulturmenschheit.

Am sinnfälligsten tritt die Macht der Arbeit in dem Gebiete der technisch-wirtschaftlichen Kultur auf, die als ältester Teil der Gesamtkultur für die Menschheitsgeschichte die größte Bedeutung hat. Der Inbegriff aller Mittel und Werkzeuge zur Förderung der wirtschaftlichen Kultur ist die Technik. Technik und Wirtschaft sind heute unzertrennlich miteinander verbunden, die eine ist ohne die andere nicht mehr denkbar. Die Technik kann nicht Selbstzweck sein, aus ihrem wirtschaftlichen Nutzen entspringt allein ihre maßgebende Beurteilung.¹⁾ Je klarer dies erkannt und zugegeben wurde, um so erfolgreicher war die Arbeit der Technik. Nicht mechanische Spielwerke, „gehende Menschen oder singende Vögel“, zur Unterhaltung müßiger Hofgesellschaften zu verfertigen — wie es zur Zeit eines Ludwig XIV. noch gebräuchlich war — ist heute Ehrgeiz unserer Ingenieure, sondern der Allgemeinheit nützende Maschinen und Bauwerke zu schaffen, das halten unsere „mechanischen Köpfe“ für der Mühe und Anstrengung wert. So begleitet Technik und Wirtschaft die Menschheit auf ihrem Entwicklungsgang. Und nicht hat die Technik als etwas Neues, vorher noch kaum Bekanntes, gestern oder heute erst in die Entwicklung eingegriffen, wie man gern in etwas übertriebenem Stolz auf unsere Zeit zu glauben geneigt ist, nein, bis weit in vorgeschichtliche Zeiten zurück läßt sich ihre Bedeutung, ihr Einfluß verfolgen. So alt wie die Menschheit ist die Technik. In den ursprünglichsten Formen des Kampfes um das Dasein lehrt sie den Menschen die Kunst der einfachsten Waffen und Werkzeuge. Schwert, Axt und Pflug waren machtvolle Werkzeuge im Besitz der Menschen; und nach dem Stoff, aus dem diese ersten technischen Schöpfungen gefertigt wurden, pflegt man noch heute Hauptabschnitte vorgeschichtlicher Zeiten zu unterscheiden.

Die durch die Technik geförderte Wirtschaftsentwicklung hat langsam zu immer weitgehenderem Zusammenwirken Einzelner geführt, das nach und nach festere Formen annahm und schließlich größere festgefügte Verbände schuf.

Gemeinsame Arbeit und gemeinsamer Schutz waren in hervorragendem Sinne gesellschaft- und städtebildend, und hier erwachsen dann die verschiedenen Organisationsformen, Rechtsanschauungen und Gesetze, wissenschaftliche Erkenntnis und Kunstverständnis, die wieder rückwärts die wirtschaftliche und technische Arbeit in großartigster Weise unterstützten.

¹⁾ Hier liegt die Grenze zwischen Technik und Naturwissenschaft, als deren Tochter die erste merkwürdigerweise noch oft angesehen wird, wobei man vergißt, daß die Technik älter sein muß als die Naturwissenschaft.

In hervorragendem Maße war und blieb es die Aufgabe der Technik, den durch die Wirtschaftsentwicklung sich immer mehr steigenden Arbeitsbedarf zu befriedigen. Menschliche und tierische Muskelkraft, unterstützt durch Werkzeuge und einfache Maschinen, Wasser- und Windkraft, die Explosionskraft der Pulvergase und schließlich die in unseren Brennstoffen schlummernde Wärmeenergie sind nacheinander und miteinander die Träger der erforderlichen Arbeitsgrößen geworden.

Je machtvoller die Arbeitsleistung und die Anwendung der Kraftmaschine sich gestalten, um so höher zeigt sich auch der allgemeine Stand der Technik.

Die Leistungsfähigkeit der Kraftmaschine ist ein besonders geeigneter Maßstab zur Beurteilung der Technik in den einzelnen Zeitabschnitten.

Die Kraftmaschine vor Einführung der Dampfmaschine.

1. Allgemeines.

Entstehung der Maschine.

Die Frage nach dem Ursprung der Maschine hat mit der Erklärung des Begriffes zu beginnen. Die Frage, was versteht man unter einer Maschine, ist auf die mannigfachste Weise beantwortet worden. Je nach dem Gesichtspunkte des Forschers ist diese oder jene Seite hervorgehoben oder gar zum ausschließlichen Kriterium erhoben worden. Aber die ungeheure Vielseitigkeit des Wortes hat sich einseitig aufgestellten Begriffsbestimmungen noch nie ganz fügen wollen, stets hat sie zu Ausnahmen und zu Einschränkungen gezwungen.

So kann man zwischen philosophischen, physikalischen, kinematischen, technologischen und anderen Definitionen unterscheiden, von denen jede die eine oder die andere Seite der Maschinentätigkeit oder ihrer Wirkung zur Erklärung benutzt.

Schon Leupold, der fruchtbare deutsche technische Schriftsteller am Anfang des 18. Jahrhunderts, suchte den Begriff festzulegen. In seinem 1724 erschienenen *Theatrum generale* heißt es:

„Eine Maschine oder Rüstzeug ist ein künstliches Werck, dadurch man zu einer vortheilhaftten Bewegung gelangen, und entweder miterspahrung der Zeit oder Krafft etwas bewegen kan, so sonst nicht möglich wäre.“

Besonders hat man Reuleaux' Begriffsbestimmung beachtet. Er nannte eine Maschine eine Verbindung widerstandsfähiger Körper, welche so eingerichtet ist, daß mit ihr mechanische Naturkräfte genötigt werden können, unter bestimmten Bewegungen bestimmte Wirkungen auszuüben.

Von den volkswirtschaftlichen Erklärungen sei die Sombarts hervorgehoben, der zufolge die Maschine als ein Arbeitsmittel oder ein Komplex von Arbeitsmitteln aufzufassen ist, welches derart eingerichtet ist, daß es eine Arbeit, die sonst der Mensch verrichten müßte, an Stelle des Menschen

ausführt. Die Maschine ist ein Arbeitsmittel, welches nicht wie das Werkzeug menschliche Arbeit unterstützt, sondern menschliche Arbeit ersetzt.¹⁾

Die angeführten Beispiele mögen zeigen, wie wesentlich verschieden die Begriffsbestimmungen der verschiedenen Fachrichtungen aussehen. Kehren wir zu Reuleaux zurück, so kann die Erzwingung der Bewegung als das allgemeine Prinzip der Maschine aufgefaßt werden. „Wenn wir eine Maschine bauen,“ sagt Reuleaux²⁾, „so geht unsere Absicht dahin, durch außer uns gelegene leblose Körper einen Bewegungszwang bestimmter Art herbeizuführen, mit anderen Worten, in den Bewegungen dieser Körper unseren Willen zur Geltung zu bringen.“ Die interessanten Untersuchungen, die er an derselben Stelle, noch unterstützt durch die Forschung der Sprachphilosophen Lazerus Geiger und Noiré, angestellt hat, führen ihn zu der Annahme, daß der mit beiden Händen spiralartig getriebene Bohrer als die erste Maschine, deren sich der Mensch bedient hat, anzusehen sei, und daß die auftretende Wärmeerscheinung beim Holzbohren zur Erfindung des Feueranzündens geführt habe. So hätte die erste Maschine mittelbar auch eine der weittragendsten Erfindungen aller Zeiten veranlaßt. Denn erst als das Feuer dem Menschen dienstbar wurde, konnte die Entwicklung der Kultur raschere Fortschritte machen.

Es entstanden dann in langsamer Aufeinanderfolge die ersten rohen Anfänge anderer Maschinen, von denen die Töpferscheibe, die Spindel und andere mehr von hervorragender Bedeutung schon in früheren Zeiten gewesen und in mannigfachster Veränderung in den mechanischen Wunderwerken unserer heutigen Zeit stets wieder zu finden sind.

Noch schwebt ein undurchdringliches Dunkel über den Anfängen der Maschine, nur rückblickend können wir aus der geschichtlichen Zeit heraus auch auf die Bedeutung der Maschine in vorgeschichtlichen Zeiten schließen. Denn zu allen diesen Anfängen der Arbeitsmaschinen kommen auch die Maschinen des Transportgewerbes. Aus der einfachen Walze entwickelte sich das Rad, der Baumstamm wird ausgehöhlt zum Boot, das durch Ruder von Menschen betrieben den Verkehr vermittelt. Und neben allen den Geräten des Friedens bilden sich auch immer mehr die Werkzeuge des Krieges, die Waffen, aus und finden auch schon früh maschinelle Lösungen.

Wer aber nach den Erfindern aller dieser grundlegenden Maschinen fragt, findet nur mythische Erfindernamen, die sich „wie die Gottheiten

¹⁾ Eine interessante kurze Übersicht über die verschiedenen Definitionen der Maschine und eine Kritik vor allem der Sombartschen gibt nebst einer eingehenden Literaturangabe über dieses Thema Dr. Alexander Lang in seinem Buch „Die Maschine in der Rohproduktion“, Berlin 1904, S. 15—24.

²⁾ Über den Einfluß der Maschine auf den Gewerbebetrieb, Vortrag von F. Reuleaux, abgedruckt in „Nord und Süd“, Deutsche Monatsschrift 1879, Bd. 9, S. 110.

des indogermanischen Völkerkreises in Naturgewalten, fast immer in Begriffe auflösen.“¹⁾)

So verschwindet jeder Anhalt, der auf einzelne Persönlichkeiten weist. Es ist auch kaum wahrscheinlich, daß einzelne Erfinder bereits auf dieser Kulturstufe beim Suchen nach der Lösung gestellter Aufgaben die großen Fortschritte gemacht haben. „Die Menschen, nicht einzelne Menschen machten die Erfindungen,“ ist ein 'Wort Reuleaux', das sich auch später noch oft mit Recht auf Erfindungsvorgänge anwenden läßt.

2. Muskelkraftmaschine.

Vorrichtungen zur Aufnahme menschlicher Muskelkraft. — Kurbel. — Tretketten. — Tretscheiben. — Tret- und Laufräder. — Vorrichtungen zur Aufnahme tierischer Muskelkraft. — Göpel. — Tretwerke. — Trittmaschinen. — Größe der Arbeitsleistungen. — Ausnutzung der menschlichen und tierischen Muskelkraft.

Die ersten Maschinen, von denen bisher gesprochen wurde, sind Arbeitsmaschinen, sie brauchen eine von außen in sie hineingetragene Kraft, wenn sie die von ihnen verlangte Arbeit verrichten sollen. Diese Arbeitsquelle war zuerst die Muskelkraft der Menschen und Tiere. Die eigenen Muskelkräfte genügten den Menschen für lange Zeit; darin ist es auch begründet, daß die Arbeitsmaschine der durch besonders entdeckte Kräfte betriebenen Kraftmaschine der Zeit nach weit vorausging. Der Mensch hatte zuerst seine Arbeitsmaschine so auszugestalten, daß seine Muskelkräfte in der geeignetsten Weise angreifen konnten, um die gewollte Arbeitsleistung zu erzielen und die gewünschte Bewegung zu erzwingen. So entwickelten sich langsam aus einzelnen maschinellen Gliedern schließlich ganze Maschinen zur Aufnahme menschlicher und tierischer Muskelkräfte.

Besondere Bedeutung erlangten die Hebezeuge, bei denen menschliche Muskelkraft mit Hilfe der verschiedensten Verbindungen von Hebel und Keil frühzeitig große Arbeitsvorrichtungen vollbrachte.

Bei den Hebelanordnungen, die zur Aufnahme der Menschenkräfte dienten, arbeitete der Mensch von einer Stelle aus, mit den Armen auf- oder abwärts, hin oder her ziehend oder drückend. Besonders vorteilhaft und von weittragender Bedeutung erwiesen sich die Kurbeln. Dabei konnte der Mensch zugleich mit den Armmuskeln und dem Gewicht seines Körpers wirken. Bei einiger Übung ließ sich hiermit auch schon eine verhältnismäßig gleichmäßige Drehbewegung erzielen. Die Kurbel, durch eine Treibstange mit einem Tritt Brett verbunden, ließ sich durch die Füße bewegen.

¹⁾ Dädalos ist der Kunstfertige, sein Schüler Talos, der Erfinder der Säge, der Wagende, Ausharrende; selbst der Titan Prometheus ist schwerlich poetisch-griechisch der Vorbedenkende, sondern wahrscheinlich sanskrit Pramantha, Drehstift im Holzfeuerzeug, wenn nicht Pramâtha, gleich Raub. Siehe Reuleaux, „Nord und Süd“ S. 115 und A. Kuhn, Herabkunft des Feuers.

Dabei war die Kräfteausnutzung sehr unvorteilhaft, dagegen war es besonders vorteilhaft, daß hierbei der Arbeiter seine Hände für andere Arbeit frei bekam. Hierher gehören unter anderem Schleifstein und Drehbank. Außerordentlich mannigfach sind auch die Maschinen gewesen, besonders wenn man alle auf uns noch überkommene Entwürfe mit in Betracht zieht, durch die man die Wirkung der Beinmuskeln des Menschen mit oder ohne Verbindung mit seinem Gewicht aufzunehmen suchte. Eine dieser „Fußmaschinen“ bestand z. B. aus einer wagerecht angeordneten weitmaschigen endlosen Kette, gegen die der Mensch wie gegen Sprossen einer Leiter von einem festen Sitz aus seine Füße stemmen konnte. Auch hiermit war der Vorteil verbunden, daß der Mensch, wie z. B. der Handwebstuhl es erforderte, zugleich seine Arme für andere Zwecke verwenden konnte.

Wesentlich vorteilhafter ließ sich die menschliche Arbeitskraft in den Lauf- und Treträdern, in den geneigten Tretscheiben und schiefen Tretbühnen und anderen Anordnungen mehr verwerten, weil der Arbeiter hier beim Fortschreiten zugleich das Gewicht seines Körpers nutzbar machen konnte.

Auf den gleichen Grundgedanken waren auch die meisten maschinellen Einrichtungen, die zur Aufnahme von tierischer Muskelkraft dienten, aufgebaut. Am zweckmäßigsten wirkt hier das Tier beim gradlinigen Zug, vor der Schleife, dem Wagen.¹⁾

Wollte man eine Drehbewegung erzielen, so diente hierzu der Göpel, bei dem eine stehende Welle durch das im weiten Kreise umlaufende Tier mit Hilfe eines wagerechten Querbaumes gedreht wurde. Von der stehenden Hauptwelle konnte durch Radübersetzungen die Kraft zum Betriebe der Maschinen weiter geleitet werden. Diese Art der Kraftmaschinen war die bei weitem verbreitetste Muskelkraftmaschine für tierische Kräfte. Sie war billig, ließ sich überall schnell einrichten, und die Leistungsfähigkeit reichte für viele kleine Gewerbebetriebe aus. Auch heute noch ist der Göpel besonders in der Landwirtschaft und ihren Nebenbetrieben, z. B. den kleinen Feldziegeleien, sehr verbreitet.

Aber auch Lauf- und Treträder wurden für Tiere eingerichtet, und die sogenannten Tretwerke und Trittmaschinen haben sich in dem Landwirtschaftsbetrieb noch bis fast auf unsere Zeit hier und da erhalten. Die Lauf- und Treträder und Tretscheiben sind schon früher außer Gebrauch gekommen. Sie hatten große Reibungswiderstände und zu hohe Herstellungs- und Betriebskosten. Nur für kleinere Tiere, für Hunde oder Ziegen finden sich zum Betrieb eines Schleifsteines, eines kleinen Gebläses oder einer Molkereimaschine auch heute noch verstreut eine ganze Anzahl dieser kleinen Laufräder, die als interessante Merkmale vergangener Technik bis in unser Maschinenzeitalter hineinragen.

¹⁾ Näheres siehe unter anderem Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre, Band 1, S. 220—242. Angaben über derartige alte Kraftmaschinen finden sich auch in Becks Beiträgen zur Geschichte des Dampfmaschinenbaues, Berlin 1899.

Am meisten ist das Pferd zur Arbeitsleistung herangezogen worden; es war die normale Betriebsmaschine für die verschiedensten gewerblichen Zwecke, und noch heute rechnen wir die Arbeitsleistung unserer Kraftmaschinen nach „Pferde“stärken (Horse-Power, HP), ein Maß, das sich anfangs ganz von selbst ergab, als die Dampfmaschine die „Pferde“ ersetzen sollte.

Nächst den Pferden sind Ochsen, seltener noch Esel oder kleinere Tiere wie Hunde oder Ziegen benutzt worden, und fast scherzhaft klingt es deshalb, wenn wir in alten Dampfmaschinenwerken von 6 mauleselkräftigen oder von 10 menschenkräftigen Dampfmaschinen lesen.

Die Leistungsfähigkeit der Muskelkraftmaschinen war naturgemäß außerordentlich verschieden. Kennzeichnend für sie ist die große Überlastungsfähigkeit bei vorübergehender Arbeitsleistung. Für die regelmäßige Ausnutzung in den gewerblichen Betrieben kommen nur Dauerleistungen in Betracht. Morin stellte sorgfältige Versuche über die Arbeitsleistung eines Mannes bei günstiger Übertragung an und kam auf den Wert von 5,50 sekmmkg bei 8stündiger täglicher Arbeit. Die mittlere Geschwindigkeit rechnete er hier zu 1,10 m. Bei vorübergehenden kurzen Arbeitsleistungen von wenigen Minuten oder gar Sekunden sind Leistungen von 16,53 bis 26 sekmmkg beobachtet worden. Also eine Steigerung auf fast den 5fachen Wert der normalen Dauerleistung. Die zu 75 sekmmkg festgesetzte Maßeinheit — die PS. — für die Maschinenarbeit, ist also gleich dem 13,6fachen einer menschlichen Arbeitsleistung. Bei vielfach gebräuchlichen statistischen Vergleichen zwischen menschlicher und maschineller Arbeitsleistung wird gewöhnlich die Leistung von 12 Menschen der einer Maschinenpferdestärke gleichgesetzt, wobei aber berücksichtigt werden muß, daß die erste nur für 8 Stunden gerechnet werden kann. Einer Dampfmaschine von 100 PS, die ununterbrochen Tag und Nacht arbeiten kann, sind deshalb nicht 1200, sondern mindestens 3600 menschliche Arbeitskräfte der Leistung nach gleichwertig. So gering ist die dauernd mögliche physische Arbeitsleistung des Menschen selbst bei günstiger Arbeitsübertragung. Sie wird nicht nur nach der physischen Kraft des einzelnen Menschen selbst, sondern auch nach der Art der Tätigkeit, dem Grad der Übung usw. verschieden sein. So gibt z. B. Rühlmann für die Zeit von 1860 als durchschnittliche Schätzungswerte an, bei 8stündiger Akkordarbeit 10 sekmmkg, bei Tagelohnarbeit 6,25; dabei sollte der Mensch seine Kraft zwar täglich erschöpfen, aber sich nicht „übermäßig“ ermüden.

Bei Treträdern von 1,30 bis 1,50 m Durchmesser fand Poncelet bei 7 stündiger Arbeitszeit und 65 kg Arbeitergewicht rund 11 sekmmkg Arbeitsleistung und zuweilen soll man sogar bis etwa 13 sekmmkg erreicht haben.

Ebenso verschieden sind die Angaben über tierische Arbeitsleistung. Bei geradlinigem Fortschreiten auf ebener Bahn sind bei 8stündiger Arbeitszeit von schweren Pferden in Akkordarbeit 82 sekmmkg, von leichten Pferden und Tageslohnarbeit 62 sekmmkg erreicht worden. Andere Beobachter finden wieder Werte, die zwischen 45 bis 54 sekmmkg liegen.

Bei Arbeit der Pferde in Göpeln werden Werte zwischen 40 bis 65 sekmmkg

bei 8 bis 6stündiger Arbeitszeit, für Ochsen 39, Maulesel 27 und Esel 11,6 sekmmg bei 8stündiger Arbeit angegeben.¹⁾

Auch hier ist die Leistungsfähigkeit im Verhältnis zu den Arbeitsgrößen, mit denen wir heute zu rechnen gewöhnt sind, außerordentlich gering. Höchstens etwa eine Maschinenpferdestärke war in 8stündigem Betrieb durch eine Arbeitseinheit zu erreichen. Steigern ließ sich die Leistungsfähigkeit der menschlichen und tierischen Arbeitskraft nur durch Hinzufügen weiterer Arbeitseinheiten. In welchem ungeheuerem Umfange hiervon Gebrauch gemacht wurde, zeigen die gewaltigen Sklavenheere des Altertums, die schließlich so groß wurden, daß die Herren zuweilen die Macht über sie verloren und der ganze Staat durch die Sklavenaufstände erschüttert wurde. In der Konzentrierung der Arbeitsleistung mehrerer Personen auf einen und denselben Zweck lag ein gewaltiger Kulturfortschritt. Insofern kann Treitschke „die Einführung der Sklaverei eine rettende Tat der Kultur“ nennen, durch sie ist der Mensch zuerst zu dauernder Arbeitsleistung erzogen worden.

Aber welche unglaublich harte Schule war diese Sklaverei und welche unerhörte „Raubbau“ wurde mit der Menschenkraft betrieben. Sombart z. B. zeigt in seiner Geschichte des Kapitalismus, wie auch noch die mittelalterliche Sklaverei in den überseeischen Kolonien durchaus nicht als eine patriarchalische Haussklaverei anzusehen ist. Mit rücksichtsloser und unmenschlicher Härte diente sie als Mittel zu grenzenloser Bereicherung. „Wir sind reich geworden, weil ganze Rassen und Volksstämme für uns gestorben, ganze Erdteile für uns entvölkert worden sind.“²⁾ Wer die Einfuhrzahlen schwarzer Sklaven nach Amerika liest, wird die Worte nicht für übertrieben halten. Wer waren damals die „Barbaren“: die Neger, die in harter Arbeit ihren Tod fanden, oder die Weißen, die ihre wirtschaftliche Arbeit ohne diesen ungeheuren Verbrauch an Menschenleben noch nicht zu verrichten vermochten? Die Behandlung, die heute unseren eisernen Kohlen fressenden Sklaven zu teil wird, ist wohl vielfach ungleich besser als diejenige, mit der die menschliche Arbeitskraft noch vor wenigen Jahrhunderten zufrieden sein mußte.

Von jenen menschlichen Arbeitsmaschinen konnte Sombart sagen: sie waren bestimmt unterzugehen, „zu verschwinden wie das Rohmaterial in dem Produkt“.

Am gewaltigsten war die Arbeitsanhäufung schon im Altertum für Transportzwecke, besonders bei den gewaltigen Bauten der fürstlichen Machthaber.

„Zehnmal zehntausend Mann“ im Dienst des Königs Cheops zogen drei Monate hindurch die Steine vom Gewinnungsort zum Nil, während eine gleiche Anzahl das über den Fluß gebrachte Baumaterial zum Bauplatz schaffte. Und diese Sklavenheere bauten vorerst zehn Jahre an dem Wege, „worauf sie die Steine zogen“ — berichtet Herodot.

¹⁾ s. Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre 1862, Bd. I.

²⁾ s. W. Sombart, Der moderne Kapitalismus, Leipzig 1902, S. 348.

Ebenfalls sehr erhebliche Arbeitsleistungen verlangten die alten Ruder-schiffe. Die Zahlenangaben der alten Schriftsteller lassen erkennen, mit welchen Mitteln damals die Technik arbeiten mußte, um nach unserer Vorstellung doch noch immer kleine Kräfte in dem kleinen Raum eines Schiffes unterzubringen. Die Begriffe von Grausamkeit und menschlicher Härte verbinden sich auch hier sofort mit dem Worte: Ruderknecht, Galeerensklave. Cervantes läßt Sancho, als er zum erstenmal auf einer Galeere fuhr und sah, wie der Galeerenvogt die nackten Rücken der Ruderknechte mit der Karbatsche bearbeitete, um durch die verzweifelte Kraftanstrengung dieser menschlichen Kraftmaschinen die Geschwindigkeit des Schiffes zu steigern, ausrufen: „Nun, wenn dies nicht die Hölle ist, so ist es doch wenigstens das Fegefeuer!“

Auch die Maschinen, die zur Aufnahme menschlicher Muskelkraft dienten und in den gewerblichen Betrieben verwendet wurden, richtete man bald so ein, daß an ihnen mehrere Menschen arbeiten konnten, um die Leistung zu steigern. So kam man zur „zwei- und viermännigen“ Winde, zum „achtmännigen“ Haspel. Treträder wurden zuweilen so breit gebaut, daß 20, in einigen Fällen sogar über 50 Menschen nebeneinander darin arbeiten konnten. Auch sie wurden oft zu fürchterlichen Marterwerkzeugen. Ohne Zwang ging es auch hier nicht ab. In England wurden sie vor 80 Jahren noch in 54 „Strafanstalten und Zuchthäusern“ benutzt. Sie hatten meistens 5 Fuß (1,52 m) bis 7 Fuß (2,13 m) Durchmesser; 24 Tritte waren am Umfange angebracht; die Anzahl der Schritte in einer Minute wird zwischen 32 und 87 angegeben.¹⁾

Auch Frauen ließ man an solchen Treträdern arbeiten, und die Freunde dieser Ausnutzung der Gefangenenarbeit führten an, daß sogar Mütter mit ihren Säuglingen, „ohne Schaden für ihre Gesundheit“, daran gearbeitet hätten. Auch „moralisch“ habe gerade die Arbeit in den Tretmühlen die Sträflinge gebessert, wurde in England behauptet. Ernste Untersuchungen, zu denen auch Ärzte herangezogen wurden, zeigten allerdings ein anderes Bild. Danach erwies sich oft die Arbeit so anstrengend, daß die Arbeiter schon nach 7 Minuten „triefend von Schweiß“ die Arbeit unterbrechen mußten. Engbrüstigkeit, Bluthusten, Geschwülste waren überall die Folgen. Vom Zeughaus zu Toulon wurde berichtet, daß jeder auf den Treträdern arbeitende Galeerensklave nach 5 bis 6 monatlicher Arbeit an Bluthusten stürbe.

Das sind nur wenige Bilder aus der Leidensgeschichte der menschlichen Kraftmaschine. Und was läßt sich für den Menschen, als denkendes und empfindendes Wesen, würdeloseres denken als tagaus, tagein in ein-förmigster Weise nur als Glied einer Maschine mit seiner Muskelkraft und dem Gewicht seines Körpers ausgenutzt zu werden? Eine unglaubliche Härte und Grausamkeit machte den einen Teil der Menschheit zum Arbeits-tier des anderen. Galeerensklave zu werden oder in den alten römischen

¹⁾ s. Verhandlungen d. Vereins z. Beförd. d. Gewerbl., Berlin 1824.

Bergwerken in Spanien und Sizilien und anderen Orten zu arbeiten, war härter als sterben. Eine gewaltige Tragik menschlichen Leidens liegt in dieser jahrtausendlangen Ausnutzung menschlicher Muskelkraft. Man muß sie fühlen, will man dem Kulturfortschritt, der in der immer weitergehenden Ablösung dieser menschlichen Kraftmaschine durch Naturkräfte — allen anderen voran durch die Dampfmaschine — liegt, auch nur in Etwas gerecht werden. Die eisernen Sklaven haben einen großen Teil der schwersten Last dem Menschen abgenommen. Erst nachdem die Technik durch ihre Kraftmaschine Ersatz für die menschliche und tierische Muskelkraft geschaffen hat, ist auch das Mitleid mit der Ausnutzung in dieser rohesten Form Allgemeingut geworden, und wir entrüsten uns heute über die Vorgänge, die oft von den besten Männern der vergangenen Zeit als selbstverständlich ohne Mitgefühl hingenommen wurden. Der Fortschritt der Technik hat es hier erst möglich gemacht, die Forderungen menschlichen Empfindens zur Geltung zu bringen. Besonders ist auch den Tieren dieser Fortschritt zugute gekommen. Auch sie sind — zuletzt noch durch den Ersatz des Pferdes im Straßenbahnbetrieb durch den elektrischen Strom — in immer weitergehender Weise von der schwersten Ausnutzung ihrer Muskelkraft befreit worden. Die Tierschutzvereine finden heute in dem Entwicklungsgang der Kraftmaschinenteknik den aufrichtigsten Förderer ihrer Bestrebungen, und die Allgemeinheit sieht heute oft in einer Arbeitsüberanstrengung eine Tierquälerei, von der vielleicht vor einigen Jahrzehnten auch weichherzige Menschen noch wenig Notiz genommen hätten. Was damals alltäglich war, ist heute selten.

3. Die Wasserkraftmaschinen.

Entstehung und Einführung der Wasserräder. — Ausführung und Leistungsfähigkeit. — Wasserkraftanlagen zu Marly. — Turbine und Wassersäulenmaschine.

Die Naturkraft, die zuerst einen Teil der schweren Arbeit von Mensch und Tier auf sich nahm, war die Kraft des fließenden Wassers. Die Erfindung der Wasserräder — der Wassermühle — reicht bis in die Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung zurück. Ein griechisches Gedicht, das mit zu unseren frühesten Mitteilungen über Wasserräder gehört, feiert diese Arbeitsentlastung des Menschen in poetischer Form:¹⁾

Laßt die Hände nun ruh'n, ihr mahlenden Mädchen, und schlafet
Lang; der Morgenhahn störe den Schummer euch nicht.
Ceres hat eure Mühe den Nymphen künftig empfohlen,
Hüpfend stürzen sie sich über das rollende Rad,

¹⁾ s. Reuleaux, In Nord und Süd, Bd. IX, 1879, S. 112, auch Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, Bd. I, S. 262 und Beckmann, Beiträge z. Gesch. der Erfind., Leipzig 1788, Bd. II. Hier wird auf S. 15 das Gedicht einem gewissen Antipater (106 bis 43 v. Chr.) zugeschrieben.

Das mit vielen Speichen um seine Achse sich wälzend
 Mahlender Steine vier, schwere zermalmende, treibt.
 Jetzt genießen wir wieder der alten goldenen Zeiten,
 Essen der Göttin Frucht ohne belastende Müh'.

Vitruv beschreibt zur Zeit des Kaisers Augustus bereits ausführlich Wasserkraftanlagen zum Wasserschöpfen und Getreidemahlen, und noch früher erwähnt Strabo eine Wassermühle, die nahe bei dem Wohnsitze des Mithridates in Asien gestanden haben soll. Aber nur langsam verbreiteten sich diese ersten Kraftmaschinen, und vom Ersatz menschlicher Muskelkraft war noch wenig zu merken. Des Dichters Worte blieben Zukunftsmusik. Sklavenarbeit war und blieb zunächst billiger. Sie reichte noch aus, und erst als sie in dem gewünschten Umfange nicht mehr zur Verfügung stand und menschliche Arbeitskraft zu teuer wurde, um nur als reine Muskelkraft verwendet zu werden, begann sich die Wasserkraftmaschine weiter auszubreiten.

Deutschland scheint schon im 4. Jahrhundert Wassermühlen besessen zu haben. In Frankreich werden Wassermühlen im 6. Jahrhundert erwähnt. 718 soll auch die erste Wassermühle in Böhmen erbaut worden sein. 1044 soll es in Venedig Wasserräder gegeben haben, die durch Ebbe und Flut in dem Zeitraum von 6 Stunden abwechselnd nach der einen oder anderen Richtung umgedreht wurden. Aber erst im 11. bis 13. Jahrhundert wurden die Wasserräder auch in den Mühlenbetrieben in Mitteleuropa und Frankreich allgemeiner. Bis dahin herrschten die Hand- und die Roßmühle auch zum Getreidemahlen vor. Dann begann das Wasserrad, sich langsam auch in anderen gewerblichen Betrieben immer mehr Eingang zu verschaffen und durch seine gegenüber der menschlichen Muskelkraft wesentlich erhöhte Arbeitsleistung oft einen großen gewerblichen Fortschritt anzubahnen.

So z. B. in der Tuchfabrikation, wo die Walkmühle statt des Fußwalkens im 12. bis 14. Jahrhundert sich einfuhrte und die Fabrikation dadurch wesentlich umgestaltete. Besonders einflußreich war die Kraftmaschine im Eisenhüttenwesen; sie erst ermöglichte die für den Hochofenbetrieb notwendigen kräftigeren Gebläse.

Die ersten Wasserräder waren einfache unterschlächtige Räder, deren Erfindungsgrundgedanke schon in den sehr alten Schöpfprädern zu finden ist. Oberschlächtige Räder scheinen erst später aufgekommen zu sein und sich vor allem in Deutschland verbreitet zu haben. Der Konstruktion und Ausführung nach kann man sich diese ersten Kraftmaschinen kaum zu einfach vorstellen. Es war rohe Zimmermannsarbeit; aus den Bäumen des Waldes zusammengeschlagen, vermochten diese ersten Wasserräder nur in geringem Maße die im strömenden Wasser liegende Energie nutzbringend zu verwerten. Aber nach und nach wurden sie immer mehr zur Schule des Maschinenbaues. Die Anforderung an die Leistungen stieg, und bald wurde auch hier die Grenze der Ausführbarkeit erreicht. Man half sich dann wie bei

den Muskelkraftmaschinen; man vereinigte eine ganze Anzahl zu einer Kraftmaschinenanlage.

Der Zimmermann wurde zum Kunstmeister, er lernte es, nicht nur das Rad vorteilhafter zur Aufnahme der Wasserkraft einzurichten, sondern mußte auch zur Übertragung der Wasserkraft auf die Arbeitsmaschine oft eine ganze Anzahl von Maschinenteilen herstellen und gebrauchen lernen. Welle und Lagerzapfen und Schubstangen und vor allem die Zahnradgetriebe wurden ihm so immer vertrauter. Lange beruhte der Wasserradbau nur auf der Erfahrung der Kunstverständigen. Erst im 16. Jahrhundert fing man wohl an, sich auch über die wissenschaftliche Grundlage einige Klarheit zu verschaffen. Aus diesen ersten Bestrebungen konnte der praktische Maschinenbau noch wenig Nutzen ziehen. Und auch die großen Werke über den Mühlenbau am Anfange des 18. Jahrhunderts kümmerten sich noch wenig um die theoretischen Untersuchungen. Erst zu einer Zeit als schon die ersten Feuermaschinen den Umschwung in der Kraftversorgung der gewerblichen Arbeit ankündigten, begann man durch eingehende Versuche den theoretischen Betrachtungen nicht minder als den praktischen Ausführungen eine Grundlage zu verschaffen, und zwar war es der große englische Ingenieur Smeaton, der hier ebenso wie auf dem Gebiete der Feuermaschine fruchtbringend tätig war. Er veröffentlichte 1759 bereits eine große Reihe sorgfältiger Versuche, aus denen er die hohe Überlegenheit des oberflächigen Wasserrades gegenüber dem unterschlächtigen nachwies. Damit begnügte er sich nicht; als Ingenieur setzte er seine Erkenntnis auch in die Praxis um, und in 40jähriger Tätigkeit hat er zur weiteren Entwicklung der Wasserräder in England hervorragendes geleistet. Doch mit diesen Ausführungen und denen seiner Nachfolger, die in gleichmäßigem Fortschritt mit der Entwicklung des gesamten Maschinenbaues auch die Wasserräder immer weiter verbesserten, kommen wir schon mitten hinein in das eigentliche Dampfmaschinenzeitalter.

Die Leistungsfähigkeit der Wasserräder im Mittelalter, noch bis ins 18. Jahrhundert hinein, war im allgemeinen außerordentlich gering. Wenige Pferdestärken mögen durchschnittlich auf ein Wasserrad gekommen sein. Größere Krafterleistungen bis vielleicht zu 10 PS. waren schon seltene Ausnahmen. Welch ungeheure Anlagen entstanden, wenn man bedeutende Arbeitsleistungen durch Wasserkraftmaschinen erzielen wollte, zeigt die berühmte Kraftzentrale Ludwigs XIV., die er durch den Lütticher Zimmermann Rennequin 1682 bei Marly an der Seine zwischen St. Cloud und St. Germain hatte ausführen lassen. Sie hatte die Springbrunnen der königlichen Gärten zu speisen.¹⁾

Es sollten mit dieser Anlage in einer 1300 m langen Leitung stündlich 208 cbm Wasser auf 160 m Höhe gehoben, also etwa 124 PS., in ge-

¹⁾ Beschreibung mit Abbildung dieses Werkes findet sich zuerst in Leupold, Theatr. mach. hydr., Bd. II.

hobenem Wasser ausgedrückt, geleistet werden. Gewiß eine Riesenanlage für die damalige Zeit. Aber mit welch ungeheuerlichen Mitteln wurde dies erreicht! Von einem preußischen Baumeister Rothe, der 100 Jahre danach (1784), kurz vor der französischen Revolution, Marly besuchte, erfahren wir,¹⁾ daß damals die Anlage noch aus 14 Wasserrädern von je 25 Fuß (fast 8 m) Durchmesser bestand. Die Breite sämtlicher Räder war 107 Fuß 6 Zoll (fast 34 m). 235 Saug- und Druckpumpen wurden angetrieben, und zur Kraftübertragung dienten 48 Krummzapfen und ebensoviele Lenker und Schubstangen, 122 große hölzerne Balanciers und 2108 hölzerne Schwingen, jede 16 Fuß (1,95 m) lang, 10 Fuß breit, 5 Zoll dick und dazu noch 3 Zoll breite, 1 Zoll dicke eiserne Zugstangen von einer Gesamtlänge von 63774 Fuß, rund 20 km.

Während der Revolutionszeit wurde das Werk durchaus vernachlässigt; schließlich war es nur noch möglich, mit ihm statt 208 cbm, die es leisten sollte, etwas über 5 cbm in der Stunde zu fördern.²⁾

Ein so ungeheures Werk für eine so verhältnismäßig kleine Leistung konnte nur ein unumschränkter Herrscher wie Ludwig XIV. mit seinen Machtmitteln auszuführen wagen. Über 80 Millionen Mark soll diese Wasserkraftanlage gekostet haben. Von einem wirtschaftlichen Wert kann keine Rede sein; es war eine Merkwürdigkeit und diente dazu, das Allmachtsgefühl eines Autokraten zu erhöhen, denn nur der Sonnenkönig des reichen Frankreichs konnte ein so ungeheures Maschinenwerk sein eigen nennen.

Watts Dampfmaschine hat später, im Anfange vorigen Jahrhunderts, die Arbeit übernommen. Eine 50 pferdige Maschine soll dann mehr geleistet haben, als das mechanische Wunderwerk, von dem Desaguliers schon berichtet, daß die ganze Maschinenanlage über eine Meile lang gewesen sei.

Eine solche Konzentration der Kraft, wie sie Ludwig XIV. mit dieser Anlage erreichen wollte, war wirtschaftlich unmöglich. Die normalen Wasserräder der gewerblichen Betriebe vor Einführung der Dampfmaschine werden im allgemeinen in ihrer Leistungsfähigkeit nicht über einige maschinelle Pferdekräfte hinausgekommen sein.

Neben den sich allgemein verbreitenden normalen Wasserrädern mit wagerechter Achse entstanden auch schon sehr frühzeitig solche mit senkrechter Welle, sog. Löffelräder, Vorläufer unserer heutigen Turbinen, die bei hohen Gefällen vielfach angewendet wurden. Man fand sie seit Jahrhunderten in Schweden und Norwegen nicht minder als in den Pyrenäen und Nordafrika, und in den „merkwürdigen Nachrichten“ von seinen Reisen erzählte d'Arvieux, daß er auf dem Berge Libanon und Karmel Mühlen gesehen habe, die sehr einfältig seien und sehr wenig kosten.

¹⁾ s. Rothe, „Beitrag zur Maschinenbaukunde“, S. 31.

²⁾ s. auch Scientific American 1861, S. 228.

Mühlstein und Rad sei an einer Achse befestigt. Das Rad bestehe aus acht ausgehöhlten Brettern, die wie Löffel aussehen. Das Wasser, mit großer Gewalt dagegen stoßend, drehe in der Weise das Rad und bringe so den Mühlstein in Gang. In Italien habe er ganz ähnliche Mühlen auch bereits kennen gelernt.

So sahen wohl die einfachsten Mahlmühlen aus. Eine größere wirtschaftliche Bedeutung kam diesen ersten Turbinen zu jenen Zeiten jedenfalls noch nicht zu.¹⁾

Die Wassersäulenmaschine, die als dritte Gruppe der Wasserkraftmaschine schon frühzeitig an manchen Orten, besonders im Bergbau, verwendet wurde, ist erst nach den ersten Feuermaschinen entstanden und hat unter gegenseitiger Beeinflussung ihre Entwicklung mit der ersten Wasserkraftmaschine zugleich durchgemacht, der sie an weitgehender Verwendungsfähigkeit nicht entfernt gleich zu rechnen war. Hervorragendes haben an ihrer Entwicklung gerade deutsche Ingenieure geleistet, die maschinentechnisch höchst bedeutsame Bauwerke vor allem im Harz, in Sachsen und in Bayern mit diesen Kolbenmaschinen geschaffen haben.

So drangen allmählich die Wasserkraftmaschinen in die verschiedensten Gewerbebetriebe ein, gestalteten die Fabrikation um und erzogen das Gewerbe zum Maschinenbetrieb. Aber vielfach mußten die gewerblichen Betriebe über Unzuverlässigkeit der neuen Betriebskräfte klagen; denn nicht jeder Flußlauf, der Mühlen zu treiben hatte, verfügte zu jeder Jahreszeit über das genügende Wasser, und oft, wenn die Kraft am nötigsten gebraucht wurde, versagte sie, aus Wassermangel im Sommer, und im Winter, weil sie zugefroren waren. Dazu kam, daß die Gewerbe, die Wasserkraft benutzen wollten, in der Wahl ihres Standortes beschränkt waren. Oft mußten sie zu ihr hinaus in die Waldtäler ziehen und die Produkte ihrer Tätigkeit dann auf schlechten Wegen an die Verwendungsorte schaffen. So war nicht für jeden Gewerbebetrieb die Wasserkraft ohne weiteres verwendbar, und eine Umwälzung, wie die Dampfmaschine sie hervorbringen sollte, war durch die Wasserkraftmaschine nicht zu erreichen, da sie, von Zeit und Ort abhängig, nicht jedem Betrieb zur Verfügung stand.

4. Die Windkraftmaschine.

Entstehung der Windmühlen. — Ausführung und Leistung. — Die Windkraft im Dienste des Verkehrs. — Segelschiff und Segelwagen.

Nicht so weit wie die Wasserräder, aber doch auch ein Jahrtausend zurück können die Windmühlen ihren Stammbaum verfolgen. Vielfach nimmt man an, daß Deutschland ihr Vaterland sei. Von alters her nannte

¹⁾ Erwähnt werden diese ersten Turbinen zuerst in Druckschriften am Ende des 16. Jahrhunderts; s. Rühlmann, Bd. I, S. 300.

man die Windräder ältester Bauart deutsche Windmühlen. Das waren die Bockwindmühlen, bei denen die Windflügel mit dem ganzen dazu gehörigen Gebäude um einen senkrechten Ständer gedreht und so nach dem Wind gestellt wurden. Die älteste Nachricht über Windmühlen findet sich in einem Aktenstück aus dem Jahre 1105, worin einem Kloster in Frankreich erlaubt wird, Wasser- und Windmühlen anzulegen. Erst 1442 wird dann von weiteren Windmühlen Frankreichs berichtet. In England reichen Windmühlen bis vor das Jahr 1143 zurück. 1332 soll man in Venedig eine Windmühle erbaut haben, und 1393 ließ die Stadt Speyer durch einen aus den Niederlanden geholten Kunstmeister sich eine Windkraftmaschine errichten. Auch sonderbare rechtliche Auseinandersetzungen hat die Windmühle schon bei ihrem Auftreten veranlaßt. Der Bischof zu Utrecht war 1341 der Ansicht, daß aller Wind der ganzen Provinz ihm allein gehöre, und auf dieses Eigentumsrecht sich berufend, erteilte er einem Kloster die Erlaubnis zum Bau einer Windmühle.¹⁾

So verbreitete sich langsam auch diese neue Kraftmaschine in den Gewerbebetrieben. Besonders die Holländer erwarben sich einen großen Ruf als Mühlenbauer. Die holländischen Windmühlen mit festem Gebäude und drehbarem Dach waren lange Zeit technisch die fortgeschrittensten.

Wesentliche Verbesserung und eine sachgemäße Durchbildung der Konstruktion konnte auch hier erst eintreten, als man begann, sorgfältige Versuche anzustellen und damit auch die Grundlage für theoretische Betrachtungen der dabei eintretenden Vorgänge zu schaffen.

Wieder war es hier Smeaton, der englische Ingenieur, der 1759 der Londoner wissenschaftlichen Gesellschaft seine Erkenntnisse mitteilte.

Eine große Reihe technischer Verbesserungen weisen auch diese Maschinen auf. Bereits in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts drang auch in den Windmühlenbau zunächst in England das Eisen als neues Material ein, und verhältnismäßig große Kraftanlagen für Windbetriebe entstanden schon damals hier und da, aber sie blieben Ausnahmen. Die kleinen hölzernen Bockwindmühlen blieben wenigstens in Deutschland die verbreitetsten Windkraftmaschinen.

Auch Windmühlen mit stehender Welle, bei der also die Flügel in waagrechter Ebene laufen, bemühte man sich schon Ende des 17. Jahrhunderts herzustellen. Man wollte dadurch den Vorteil erringen, die Mühlen nicht erst nach dem Winde stets stellen zu müssen.²⁾

Die Leistung der Mühle hing natürlich außerordentlich von der Stärke des Windes ab. Als bester „Windmühlenwind“ wurde eine Windgeschwindigkeit von 7 m in der Sekunde angesehen, von dem man annahm, daß er mit 6,46 kg auf 1 qm drücke. Für eine normale holländische Windmühle

¹⁾ s. Geschichte der Erfindungen von Donndorf 1877.

²⁾ 1699 finden wir in einem französischen Werke eine „horizontale Windmühle auf polnische Art eingerichtet“ beschrieben und abgebildet; s. Rühlmann, Bd. I, S. 372.

würde dies eine Leistung von etwa 10 PS. ergeben haben. Die Herstellungskosten dieser Mühle mit vier Flügeln werden ohne Unterbau 7 bis 9 Tausend Mark betragen haben. Je nach der Größe und Art des Gebäudes selbst konnte man auf 15000 Mark und noch mehr rechnen.¹⁾

Eine Bockmühle wird rund auf 5000 Mark geschätzt. Auch hier richtet sich naturgemäß der Preis sehr nach dem Wert des Holzes und dem Wert der Arbeitslöhne. Besonders zum Getreidemahlen wurde die Windkraft schon früh in oft ausgedehnter Weise benutzt. In geeigneter Gegend entstanden um die Dörfer und Städte die Windmühlen, oft in großer Zahl. Noch vor wenigen Jahrzehnten hatte ein kleines Städtchen im Osten Deutschlands weit über 100 Windmühlen, die auf sanften Anhöhen erbaut die Stadt gleich einem Kranze umgaben. Auch zum Entwässern von Ländereien, zum Betrieb von Schöpfmaschinen und Pumpen wurden sie vielfach benutzt.

Für gewerbliche Betriebe, die auf ständige Kraftabgabe zu rechnen hatten, waren sie nicht geeignet, denn damals wie heute blies der Wind, wann er wollte, und leider nicht immer zu der Zeit, wann die Menschen ihn brauchten. So lange man in Holland zum Ölmahlen nur Windräder hatte, klagte man, gerade dann nicht mahlen zu können, wenn das Öl besonders teuer, die Ölfrüchte besonders wohlfeil wären. Und so lange Engländer ihre feuchten Küstenländereien durch Windmühlen entwässerten, versagten auch diese oft ihre Hilfe, gerade wenn sie am nötigsten gebraucht wurden, wenn bei Regenwetter Windstille eintrat.²⁾

Die Zahl der Mahltage war oft sehr beschränkt, und der Gewerbetreibende, der sich ihrer bediente, wurde wie der Landwirt vom Wetter abhängig. Trotzdem hat sie sich für die Arbeiten erhalten, die auf eine gleichmäßige dauernde Tätigkeit verzichten konnten. Geringer an Zahl sind auch diese geworden, immer mehr verschwinden auch in der Ebene diese Kennzeichen alten Maschinenbaues. Noch wenige dieser alten Zeugen, mit Einrichtungen, die genau noch so aussehen wie vor vielen hundert Jahren, ragen bis in unsere Zeit hinein. Noch klappert hier und da eine solche alte Windmühle, die selbst für die Hauptlager noch kein Eisen aufzuweisen hat, bei denen die Lager aus gewaltigen Steinen bestehen und an Stelle der Zapfen die große hölzerne Welle mit eingelegten eisernen Streifen widerstandsfähiger gemacht ist. Als Schmiervorrichtung dienen Speckschwarten, die durch Bretter entgegen der Drehrichtung an diese Zapfen gedrückt werden. So kann man an den wenigen dieser Exemplare noch die Mittel kennen lernen, die der Technik vor der Dampfmaschine zur Verfügung standen, und sich wundern, daß mit so einfachen Mitteln doch schon so viel erreicht werden konnte. Auch die Art der Herstellung dieser Mühlen ist in manchen Gegenden noch die gleiche wie vor hundert Jahren. Es ist Zimmermannsarbeit. Ein Kunstmeister baut

¹⁾ s. u. a. Schwahn, Lehrbuch der prakt. Mühlenbaukunde, Berlin 1850.

²⁾ s. Roscher, System der Volkswirtschaft, Bd. 3, 1899.

am Platze, wo die Mühle stehen soll, zum größten Teil Haus und Maschinenwerk zugleich zusammen, nur die Steine bezieht man von auswärts. So haben die Windmühlen uns wenigstens noch ein Stück jenes alten Maschinenbaues erhalten, das auch vielleicht in wenigen Jahren verschwunden sein wird. Die alten Windmühlen werden abgebrochen, für wenige Taler kann man sie heute „als Brennholz“ kaufen. Neue, eiserne, Kinder des heutigen Maschinenzeitalters, aus modernen Fabriken hervorgegangen, mit heutigen Kenntnissen der Kraftwirkung und Leistung erbaut, ersetzen sie in der Arbeit, für die auch heute noch die Windkraft günstig verwendet werden kann.

Ungleich bedeutsamer als in dem Gewerbebetrieb zum Betrieb der Arbeitsmaschinen ist die Ausnutzung der Windkraft in dem Verkehrswesen geworden. Hier hat sie den Schiffsverkehr auf große Entfernungen erst möglich gemacht. In uralte Zeiten reicht die Erfindung des Segels zurück. Schon den alten Ägyptern war es bekannt. Sie verstanden es, ihre Schiffe durch die Kraft des Windes auf dem Strom und dem Meer treiben zu lassen. Auch hier hat sich erst durch die Dampfmaschine ihre Bedeutung sehr vermindert. Nicht mehr war die Windkraft imstande, mit dem durch Dampfkraft betriebenen Dampfschiff in jeder Richtung in Wettbewerb zu treten. Die neuzeitliche Technik aber hat auch das Segelschiff wieder in moderner Form ausgestaltet und es unter bestimmten Verhältnissen zum Transport von Massengütern in größerem Umfange benutzt.

Sogar auf dem Lande hat man den Wind zu Verkehrszwecken auszunutzen versucht. Holländische Segelwagen oder Segelschlitten kann man in alten Druckwerken finden, und auf den Karren, deren sich chinesische Arbeiter zum Erdtransport bei den deutschen Eisenbahnbauten in China bedienten, waren große Segel aufgepflanzt.

5. Die Ausnutzung der Explosionskraft der Pulvergase.

Entdeckung. — Wirkungen. — Beziehungen zwischen Feuergeschütz und Feuermaschine.

Langsam sind die Naturkräfte des Wassers und des Windes in die Gewerbebetriebe eingedrungen und fast unmerklich haben sie hier und da, wo sie größere Verbreitung gefunden haben, umgestaltend auf die technisch wirtschaftlichen Verhältnisse eingewirkt.

Schon wesentlich einschneidender in die menschlichen Beziehungen war die Wirkung der dritten Naturkraft, die der Mensch sich untertan machte: die Explosionskraft der Pulvergase. Aber während die Natur Wasser- und Windkraft dem Menschen gleichsam fertig zum Gebrauch anbot, mußte diese ihr erst durch mühsame Erfinder- und Entdeckertätigkeit abgerungen werden. Darin ist auch das wesentlich spätere Auftreten dieser Naturkraft begründet.

Auch dann rechnet die Zeit von dem ersten Auftreten bis zu einer wirk-samen Verwendung noch nach Jahrhunderten. Lange vor dem das Pulver im europäischen Kriege als totbringende Waffe Furcht und Entsetzen verbreitete, sollen die Chinesen es in Feuerwerkskörpern zu freudigem Spiel benutzt haben.

Und wie lange Zeit mußte noch vergehen von dem ersten Anwenden der Feuerwaffen bis zu ihrer das ganze Kriegswesen umgestaltenden Benutzung! Die menschlichen Tätigkeitsgebiete griffen so ineinander ein, daß mit der Veränderung des einen auch das andere geändert werden mußte. Nicht nur das Kriegswesen, sondern mit ihm die Machtverhältnisse der einzelnen Stände in den Staaten und der Staaten selbst verschoben sich gewaltig. Die ersten Kanonen schossen Salut einer neuen Zeit. Der eisengepanzerte Ritter verschwand. Die Ritterburgen zerfielen in Trümmer. Die Machtverhältnisse begannen sich von Grund aus zu verändern. Der Fortschritt der Technik schuf gänzlich neue Formen.

„Was vor hundert jaren fest gewesen,“ sagt Joh. Agricola 1528 in seiner Sammlung deutscher Sprichwörter, „das ist jetzt unfest, wie man weyss von den alten stetten und schlössern.“ Und weiter an anderer Stelle des gleichen Werkes: „Die grösste feste war vor aller gewalt: die bergschloss, mauren und steinern thürme. Da warden büchsen und gewlich geschoss erdächt, damit man die grossen festen ernieder würfft und zerbricht, und das geschoss thut grösseren schaden, weil es mauern und stein sein, dann so es eine blosse were. Bey unsern Zeiten trachtet man wider das geschoss und bereitet zur gegenwehr bolwerck, gräben, welle, darin die büchsen bestecken, und können nicht schaden thun. Es wirt bald auch eine kunst kommen, damit man auch die welle und bolwerck umbreisset, das das sprüchwort war sei: Was menschen hende machen, das können menschen hende auch wiederumb zerbrechen.“

Voll entfaltet hat auch erst die Dampfmaschine das Geschützwesen. Erst die neuzeitige Technik konnte so gewaltige Zerstörungsmaschinen, wie wir sie heute kennen, erbauen, erst Dampfschiff und Eisenbahn machen es möglich, die Kriegswerkzeuge in ungeheuren Massen schnell zu befördern und ihre verheerende Wirkung an einer Stelle zu vereinigen. So wirkte die neue Kraft als furchtbare Waffe, Staaten zerstörend und Staaten bildend. Alte Stände verschwanden, neue kamen hervor. Die Macht eines Staates begann nach der Anzahl der Kanonen, die er zur Verfügung hatte, bemessen zu werden.

Die neue Kraft aber kam wenigstens mittelbar auch dem Gewerbeleben zu Hilfe. Neue Industrien entstanden durch sie. Die Metallgewinnung und die Metallverarbeitung wurde durch sie in günstiger Weise beeinflusst. Um Schwerter, Bogen oder Speere herzustellen, brauchte man weniger technische Kenntnisse, als brauchbare Feuergewehre zu schaffen. Die Staaten errichteten Werkstätten, denn sie hatten ein Interesse daran, diese Industrie, die ihnen die Mittel ihrer Macht liefern sollte, im eigenen Lande zu entwickeln.

Die ersten Werkstätten des Geschützwesens wurden zu Schulen für den Maschinenbau. Hier lernte man auch zuerst in größerem Umfange Metalle zu bearbeiten. In den Bohrmühlen der Geschützfabriken standen die ersten Werkzeugmaschinen für Metallbearbeitung; von hier aus wurde diese Kunst vielfach auf Dampfmaschinen übertragen.

So spinnen sich die Fäden inneren Zusammenhanges zwischen dem mächtigsten Mittel des Zerstörens, dem Feuergeschütz, und dem machtvollsten Mittel menschlichen Schaffens, der Feuermaschine, die sogar in der Erfindungsgeschichte beider sich deutlich zum Ausdruck bringen.

Der Dampf soll zuerst in einer Kanone zum Schleudern von Geschossen benutzt worden sein. Und das mit Pulver getriebene Geschütz hat insofern die Erfindung unserer Kolbendampfmaschine angeregt, als man zuerst den luftleeren Raum nicht durch Kondensieren von Wasserdampf, sondern durch das plötzliche Ausströmen der Pulyergase zu erreichen suchte. Fast vergessen ist es, das man noch vor 70 und 80 Jahren in England wieder ernsthaft daran gedacht hat, die Dampfmaschine zur Dampfkanone auszubilden. Außerordentlich hochgespannte Dämpfe suchte man damals zum Schleudern von Geschossen zu verwenden. Perkins baute nicht nur Hochdruck-Dampfmaschinen, sondern versuchte vor allem auch Schnellfeuergeschütze durch seinen hochgespannten Dampf zu betreiben, von dessen unglaublicher Wirkung die technischen Zeitschriften der damaligen Zeit viel zu berichten wußten. Auch die Vertreter des englischen Heerwesens beteiligten sich damals eifrigst an den Versuchen mit der Dampfkanone. Phantasievolle Berichterstatter sahen schon die zukünftigen Heere mit riesigen Dampfkesselanlagen ins Feld rücken.

III.

Die Entstehung der Dampfmaschine und ihre Einführung in die einzelnen Betriebszweige.

1. Allgemeines.

Entstehung der Dampfmaschine. — Übergang vom Spielzeug zum Arbeitsmittel. — Entwicklung der Dampfmaschine in drei Hauptabschnitten. — Die atmosphärische Maschine. — Die Wattsche Dampfniederdruckmaschine. — Die Entwicklung in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. — Der Fortschritt in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts.

Die Geburt der Dampfmaschine reicht weit zurück in alte Zeiten, und ihre Entstehung läßt sich bis vor unsere Zeitrechnung zurückverfolgen.

Welch ungeheurer Unterschied aber liegt zwischen jener ersten Kindheit und der heutigen Entwicklungsstufe. Als es vor fast zwei Jahrtausenden dem Menschengestalt zuerst gelang, die Naturkraft, die in unserer Zeit berufen war, die menschlichen Beziehungen und Tätigkeitsgebiete umzugestalten, in seinen Dienst zu zwingen, da war sie ein Geschütz, eine Dampfkano. Im Märchenlande der alten Pharaonen diente sie einer mächtigen Priesterkaste, das Bedürfnis nach Wundern beim gläubigen Volke zu befriedigen. Ein Spielzeug für müßige Gelehrtenstunden blieb die Dampfmaschine auch im ganzen Mittelalter. Es war ein physikalischer Apparat, der hier und da im Laboratorium seinem Besitzer viel Freude machte. Besonders stolz war der, dem es gelang, mit Dampfkraft einen Bratspieß in Umdrehung zu versetzen. So hat in der Küche die Dampfkraft mit zuerst angefangen, Arbeit zu leisten. Aber auch da war sie noch mehr ein Spielzeug für große Kinder, als eine wirtschaftlich bedeutsame Maschine. Die Gelehrten knüpften tiefsinnige Weltbetrachtungen an den Vorgang der Dampfentwicklung, den sie bei ihren Aeolipylen stundenlang zu beobachten nicht müde wurden.

Hier und da zeigte eine Explosion auch den Ernst und die Gefahr eines solchen Spielzeuges, und die Dampfkraft bewies, daß sie, wie ein Schriftsteller damals sich ausdrückte, wirklich imstande war, „auch die verwegenen Menschen in Schrecken zu versetzen.“

Erst im 18. Jahrhundert begann sich aus dem Spielzeug ein Werkzeug, ein Arbeitsmittel von weittragender Bedeutung zu entwickeln. Es wird im zweiten Teil in ausführlicher Weise zu zeigen sein, wie im einzelnen

durch die Geistestätigkeit hervorragender Männer aller Nationen dieser Entstehungsprozeß der Dampfmaschine stattgefunden hat. Es wird daher genügen, hier nur in großen Zügen die Hauptepochen zu kennzeichnen.

Zuerst zeigt die Geschichte ein unmittelbares Herauswachsen der Dampfmaschine aus der vorhandenen Technik, ein „Erzwingen“ der Dampfmaschine durch das praktische Bedürfnis. Die bitterste Not ist die Geburtshelferin der Dampfmaschine gewesen. Nicht das Interesse der Fürsten und Großen, nicht die wissenschaftliche, abstrakte Erkenntnis von den Vorteilen der Dampfkraft hat die Dampfmaschine geschaffen, sondern erst, als alle anderen Hilfsmittel der Technik versagten, da entstand, da „wurde“ die Dampfmaschine. Einfache Männer des praktischen Berufes, die einen klaren Blick und zähe Ausdauer ihr eigen nannten, haben der Dampfkraft das Kleid gezimert, in dem sie viele Jahrzehnte arbeiten mußte, haben aus den Vorratskammern einer alten Technik hervorgesucht, was für die neuen Zwecke verwendbar erschien, und neues hinzugefügt. Sie waren Erfinder, Konstrukteure, Unternehmer, Arbeiter und Monteure, alles in einer Person. Und wer die Hilfsmittel berücksichtigt, die jenen ersten Dampfmaschinenerbauern zur Verfügung standen, wer daran denkt, daß hier vollkommenes Neuland zu beackern war, der wird Hochachtung vor jenen Kunstmeistern empfinden müssen und sie als gleichwertig den Ingenieuren späterer Zeiten anerkennen.

Langsam war anfangs der Entwicklungsgang, nur wenige Feuermaschinen waren hier und da im Betrieb. Nur nach und nach ließen sich Erfahrungen sammeln, die entsprechend verwertet zu wesentlichen Verbesserungen der Maschinen führten. So war fast ein halbes Jahrhundert dahingegangen, seitdem die erste Feuermaschine ihre hölzernen und eisernen Glieder reckte, und die neuen Maschinen sahen fast noch nicht anders aus, als die alten.

Da begann man in England auf dem einzigen Wege, der Erfolg versprechen konnte, dem Wege des Versuchs, planmäßige Verbesserung der Maschine anzustreben. Das tastende Versuchen begann dem zielbewußten Forschen Platz zu machen. Der Erfolg war höchst bedeutsam. Aber noch behielt man das Grundprinzip der Maschine bei, noch war der Dampf nur das Mittel, den Luftdruck auszulösen. Es blieb nach wie vor eine „atmosphärische“ Maschine, deren große Nachteile in der Dampfausnutzung im Wesen der Maschine begründet lagen und sich deshalb auch nur dadurch beseitigen ließen, daß man eine neue Maschine, die eigentliche Dampfmaschine, erfand.

So notwendige wirtschaftliche Arbeit die atmosphärische Maschine auch geleistet hatte, indem sie den Besitzstand der damaligen Industrie wenigstens sicherte: ihr Betrieb war zu teuer, um sie auf weitere industrielle Gebiete ausdehnen zu können. Ein Schriftsteller sagte damals wohl nicht mit Unrecht von ihnen: sie brauchen eine Eisenmine, sie herzustellen, und ein Kohlenbergwerk, sie zu betreiben.

Das wurde anders durch die Arbeiten von James Watt. Selten zeigt eine Erfindungsgeschichte das Zusammenarbeiten von kritisch klardenkendem

Verstande mit gestaltender Phantasie so klar wie in den Arbeiten Watts. Als Märchenerzähler war Watt seinen Bekannten schon als Knabe bekannt, und als Greis noch entzückte der große Ingenieur einen Walter Scott mit seinen phantasiereichen Märchen. Und daneben besaß Watt einen durchdringenden Verstand, der logisch eine Gedankenreihe an die andere knüpfend, mit überraschender Sicherheit Schritt für Schritt seinem Ziele sich näherte. Eine unbedeutende Anregung von außen macht ihn zuerst auf die Dampfmaschine aufmerksam, beschäftigt ihn, und schließlich nimmt ihn das Denken an die neue Kraft ganz gefangen. Es quält und beunruhigt ihn, er kämpft dagegen an, er nennt sich einen Narren, der das Erfinden nicht lassen könne, und er muß doch gestehen: Ich kann die Maschine nicht lassen, ich muß daran denken Tag und Nacht. Er arbeitet systematisch, seine Gedanken sind gleichsam organisiert und unterstützen einander. Aber nicht den Ehrgeiz kleiner Menschen, alles allein von vorn womöglich wieder machen zu wollen, hat Watt, er benutzt bewußt, was vor ihm erarbeitet war, er eignet sich den Wissensstoff, der in der Literatur vorhanden ist, an, er sucht die Erfahrungen seiner Freunde kennen zu lernen und setzt dann mit seiner Arbeit ein.

Mit den einfachsten Mitteln werden wissenschaftlich einwandfreie Versuche unternommen, um die Kenntnis der Naturkraft, die er der menschlichen Arbeit in viel größerem Umfange nutzbar machen will, zu vertiefen, und die wissenschaftliche Kritik dieser Versuche führt ihn zu den Verbesserungen, die an Bedeutung in der ganzen Geschichte der Dampfmaschine nicht ihresgleichen haben.

Eine neue Stufe in dem Werdegang der Dampfmaschine leitete er ein. Waren bei den ersten Apparaten, die man, der geschichtlichen Entwicklung nachgehend, wohl auch als „Dampfmaschinen“ zu bezeichnen pflegt, noch Kessel, Arbeitsraum und Kondensator in einem einzigen Raume vereinigt, so trennte sich später der Kessel ab, er wurde ein selbständiger Teil. Arbeitsbehälter und Kondensator blieben noch vereinigt. Die vollkommen gegensätzlichen Anforderungen, die von den einzelnen noch in einem und demselben Raum stattfindenden Arbeitsstufen verlangt wurden, waren die Ursache der schlechten Dampfausnutzung. Jetzt wurde die örtliche Gemeinsamkeit dieser beiden Arbeitsvorgänge durch James Watt aufgehoben. Der Kondensator als drittes selbständiges Glied wurde neben Kessel und Zylinder gestellt. Zugleich wurde der Luft der Zutritt zu dem Zylinder versperrt. Der Dampfdruck trat an die Stelle des Luftdruckes. Jetzt war die Dampfmaschine entstanden; es blieb nur übrig, ihre Glieder weiter auszubilden, ihre Lebensfähigkeit nach Möglichkeit zu erleichtern. Welch riesige Ingenieurarbeit die Erfüllung dieses „nur“ noch erforderte, wird die technische Entwicklung des zweiten Teiles zu zeigen haben.

James Watt begnügte sich nicht damit, die Lösung gezeigt zu haben, sondern er setzte eine harte Lebensarbeit daran, der erkannten Wahrheit praktische Formen zu geben. Mühselig war es, alle die sogenannten Kleinig-

keiten, die doch so wesentlich sind, ohne die auch bei bester wissenschaftlicher Erkenntnis eine Maschine nicht zu gebrauchen ist, nacheinander zu erdenken und auszuführen. Auch hier wieder gingen die beiden Geistestätigkeiten der freischaffenden Phantasie und des kritisch durchdenkenden Verstandes eng miteinander. So entstanden jene Meisterwerke, von denen einige bescheidene Überbleibsel, in die großen Schatzkammern des Londoner Museums gerettet, auch heute noch die Bewunderung jedes Ingenieurs auf sich ziehen, der nur etwas die Mittel und Werkzeuge, die einem James Watt damals zur Verfügung standen, berücksichtigt.

Mit James Watt schließt die eigentliche Entstehungsperiode der Dampfmaschine ab. 1800 erlosch sein Patent, dessen weitgehende Fassung, in harten Patentkämpfen richterlicherseits anerkannt, jede Entwicklung der Dampfmaschine außerhalb der Watt'schen Ideenkreise unmöglich gemacht hatte. Erst jetzt wurde die Dampfmaschine Allgemeingut, auch in dem Sinne, daß jeder, der sich dazu imstande fühlte, auf den von Watt geschaffenen Arbeiten weiterbauen konnte. Es begann die Ausbreitung der Dampfmaschine und des Dampfmaschinenbaues, die gekennzeichnet ist durch eine außerordentliche Fülle von Konstruktionen, die alle mehr oder weniger nur die äußere Formgebung, die Anordnung der einzelnen Teile zueinander und die konstruktive Ausbildung dieser Einzelteile zu verändern suchten. Immer neue Dampfmaschinen-Bauarten entstanden. Der eine Erfinder suchte den anderen durch noch eigenartigere Ideen zu übertrumpfen. So wuchsen in den ersten Jahrzehnten des neuen Jahrhunderts eine schier unglaubliche Zahl von verschiedenen Dampfmaschinenformen empor, einige von geradezu bizarrer Art.

Aber diese Mannigfaltigkeit verringerte sich bald durch die Auslese, die durch die Anforderungen des praktischen Betriebes schnell und gründlich bewirkt wurde. Es blieben nur die Bauarten übrig, die eine Daseinsberechtigung durch möglichstes Anpassen an die einzelnen Betriebsbedingungen, durch geringen Raumbedarf, niedrige Herstellungskosten oder gute Brennstoffausnutzung nachweisen konnten.

Allen den mannigfachsten gewerblichen Betrieben galt es jetzt die Dampfmaschine anzupassen, und auch die Betriebe selbst in ihren maschinellen Anlagen der neuen Kraftmaschine passend umzugestalten.

Ganz neue Bedingungen, denen man nur langsam und schwer gerecht zu werden verstand, waren zu erfüllen, als es sich darum handelte, die Dampfmaschine auch in die hölzernen kleinen Schiffe der damaligen Zeit einzubauen oder die Dampfmaschine, die bisher auf festem steinernen Fundament, oft unter Benutzung des ganzen Maschinenhauses, ihre Arbeit verrichtet hatte, nun auf einem Wagengestell mit ganz ungewöhnlicher Geschwindigkeit eiserne Schienen entlang laufen zu lassen.

Schiffsmaschinen und Lokomotiven stellten hohe Anforderungen an die konstruktive Leistungsfähigkeit der Ingenieure.

Das Arbeitsgebiet der Dampfmaschine dehnte sich von Jahr zu Jahr weiter aus, und man mußte zufrieden sein, den immer wachsenden Ansprüchen nur einigermaßen zu genügen.

Die Entwicklung ging in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts mehr in die Breite als in die Tiefe, d. h. man suchte die Dampfmaschine der äußeren Form nach den Betriebsbedingungen anzupassen, die einzelnen Teile entsprechend den Fortschritten der Werkstättentechnik und dem verbesserten Material auszubilden, und fand wenig Zeit, in das Wesen der Maschine tiefer einzudringen.

Watts Kenntnisse von dem eigentlichen Arbeitsgang, von den wärmetechnischen Vorgängen in der Kraftmaschine übertrafen noch bei weitem das Durchschnittsmaß der allgemeinen Erkenntnis. Das wurde anders, als die immer mehr steigende Benutzung der Dampfmaschine und der schärfere Wettbewerb in der Industrie dazu zwangen, sich mehr um die wirtschaftliche Ausnutzung der Brennstoffe zu bekümmern, seitdem die einzelnen Industrien nicht mehr damit zufrieden waren, eine betriebssichere, stets bereite Kraftmaschine zur Verfügung zu haben, sondern ihre Anforderungen vor allem auch an Gleichmäßigkeit des Ganges wesentlich erhöhten.

Diese neue Zeit, die dritte Hauptperiode wird eingeleitet auf dem Gebiete der Betriebsmaschine durch Corliss und seine epochemachenden Erfindungen, die nach Watt mit zu den größten Taten des Dampfmaschinenbaues zu rechnen sind, und auf dem Gebiete der Schiffsmaschine durch endgültige Einführung der Mehrfach-Expansionsmaschine. Von da an beginnt ein planmäßiges Arbeiten an der Verbesserung der Dampfmaschine in wärmetechnischer Hinsicht. Wieder war es der Weg des Versuches, der hier vorwärts führte. Aber nicht mehr mit den physikalischen Apparaten der wissenschaftlichen Laboratorien glaubte man allein eine auch für die ausübende Technik gültige Wahrheit zu finden: Hirn war es, der die großen Betriebsmaschinen seiner Fabrik den wissenschaftlichen Versuchen unterwarf und durch die Ergebnisse, die er in klassischer Weise verarbeitete, die Erkenntnis von dem Arbeitsvorgang der Dampfmaschine wesentlich vertiefte. Seine Nachfolger im Elsaß, in Frankreich, in Deutschland arbeiteten weiter. Nicht minder war man in England und Amerika auf diesem Gebiete tätig. Wissenschaftliche, vom technischen Geist durchdrungene Werke wie die eines Zeuner verbreiteten die gefundenen Erkenntnisse, und berufene Lehrer an den technischen Hochschulen machten sie in den letzten zehn Jahren immer mehr zum Allgemeingut, erweiterten und befestigten sie vor allem wieder durch großangelegte Versuche an den Betriebsmaschinen der Industrie. So wuchs eine technisch-wissenschaftliche Untersuchungsmethode empor, die nicht nur die praktischen technischen Betriebsbedingungen kannte, sondern sie auch in jeder Form bei den wissenschaftlichen Untersuchungen berücksichtigte; und wurde hierdurch auch die Erkenntnis nicht so einfach, als wenn man unter Vernachlässigung der mannigfachen Einflüsse des praktischen Betriebes einen abstrakten Fall heraus-

geschält hätte, so entsprachen sie doch der Wirklichkeit, und das war die Hauptsache, sie wiesen den richtigen Weg zur Verbesserung der Dampfmaschine in wärmetechnischer Hinsicht. Über den Verbesserungen der Dampfmaschine in dieser Richtung, die gekennzeichnet sind durch Benutzung immer weitergehender Expansion, möglichste Verhütung der Innenkondensation und schließlich durch eine Änderung des Betriebsmittels insofern, als der überhitzte Dampf immer mehr an der Stelle des gesättigten Dampfes trat, wurde die konstruktive Entwicklung nicht vernachlässigt. Die immer größeren Maschineneinheiten sorgten dafür, daß auch auf diesem Gebiet immer neue Forderungen zu erfüllen waren.

Die Fortschritte in der Herstellung der Baustoffe kamen der Entwicklung in konstruktiver Hinsicht sehr zu statten. An erster Stelle wurden aber auch hier wieder große Fortschritte durch immer tiefer gehende Kenntnis von dem Wesen und den Eigenschaften des Baustoffes erreicht. Wieder war es der Versuch, der hier planmäßig in großartigem Maßstabe durchgeführt, Schritt für Schritt die Entwicklung vorwärts brachte. Wurden früher die Abmessungen mehr nach dem Gefühl des erfahrenen Konstrukteurs bestimmt, so wurde jetzt „die Summe der Erfahrungen aus vielen einzelnen Fällen,“ die man mit konstruktiven Gefühl zu bezeichnen pflegt, durch die langen Versuchsreihen der technischen Untersuchungen bestätigt oder richtig gestellt, und so die Möglichkeit, richtig und brauchbar zu konstruieren, auf einen wesentlich größeren Kreis von Ingenieuren ausgedehnt.

Für die Entwicklung der neuesten Zeit ist ganz besonders dieses Zusammenarbeiten der theoretischen Erkenntnis mit der praktischen Verwertung kennzeichnend.

Versucht man eine systematische Übersicht über die Wege, die der Fortschritt in der Entwicklung der Dampfmaschine während des letzten Jahrhunderts eingeschlagen hat, zu gewinnen, so kann man wohl sagen, die Technik hat offensiv und defensiv in den Werdegang der Maschine eingegriffen. Offensiv durch gesteigerte Betriebsverhältnisse: der Dampfdruck ist stetig gestiegen. Ebenso wurden in letzter Zeit erhöhte Dampftemperaturen angewendet. Kennzeichnend sind ferner die stetig steigende Geschwindigkeit, die steigende Ausnutzung der Expansion und die höheren Ansprüche an die Gleichmäßigkeit des Ganges. Als defensiv könnte man die Bestrebungen, Widerstände und Verluste zu verringern, bezeichnen. Die mechanischen Reibungswiderstände verminderte man durch bessere Konstruktion und geeigneteres Material, durch vollendete Bearbeitung und ausgedehnte selbsttätige Schmiervorrichtungen. In wärmetechnischer Beziehung hat man die Verluste durch Eintrittskondensation vor allem immer mehr zu beschränken versucht. Dampfmantel, Teilen des Temperaturgefälles in mehrzylindrigen Maschinen, schließlich auch Dampfüberhitzung sind die Mittel hierzu.

Alle diese Fortschritte sind nicht nacheinander versucht, sondern oft gleichzeitig in verschiedenster Reihenfolge angestrebt worden und haben wechselseitig sich unterstützend die Dampfmaschine zur heutigen Vollkommenheit gebracht. Heute, nach 200jährigem Entwicklungsgang der Dampfmaschine, ist man bereits mehr als je wieder geneigt, ihr eine gewisse Vollendung zuzuschreiben und sie in mehr als einer Hinsicht für reif anzusehen, durch andere Kraftmaschinen ersetzt zu werden. Die Dampfmaschine hat sich im praktischen Betrieb, immer gezwungen durch die gesteigerten Bedürfnisse, zu dieser Stelle emporgearbeitet. Heute ist sie noch mehr als je die herrschende Kraftmaschine der Gewerbebetriebe, des Verkehrswesens und der öffentlichen technischen Einrichtungen. Ihre Bedeutung wird deshalb klar hervortreten, wenn man sich innerhalb dieser einzelnen Tätigkeitsgebiete ein Bild zu machen sucht von den Zuständen, die vor der Dampfmaschine vorhanden waren, die durch sie abgelöst wurden, und zugleich zu erkennen versucht, in welcher Weise die Dampfmaschine in diese Gebiete technischen Schaffens Eingang gefunden hat.

2. Die Dampfmaschine im Bergbau und Hüttenwesen.

Die Not des Bergbaues im Kampf mit dem unterirdischen Wasser. — Hilfsmittel zur Bewältigung des Wassers vor Einführung der Dampfmaschine. — Becherwerke. — Wasserräder. — Abzugsstollen. — Antriebsarten. — Menschen- und Tierkraft. — Die ersten Wasserhaltungs- und Fördermaschinen. — Die Dampfmaschine im Hüttenwesen. — Gebläsemaschinen und Hochofenbetriebe. — Die Formgebung des Eisens. — Walzwerksmaschinen. — Dampfhammer.

Der Bergbau gehört zu den wenigen Unternehmungen, die auch vor Einführung der Dampfmaschine bereits vielfach großbetrieblichen Charakter angenommen hatten. Die ersten einfachsten Formen, von den unorganischen Bestandteilen der Erdrinde Besitz zu ergreifen, das einfache Abgraben, Sammeln im Tagbau war selten mehr genügend ertragsreich. Man mußte tiefer gehen. Mit dem unterirdischen Betrieb mußten technische Betriebsarten, die anzulegen und zu betreiben erhebliches Kapital erforderten, ins Leben gerufen werden. Die Technik, die in immer größerem Umfange von den Bodenschätzen Gebrauch machte, förderte auch ihrerseits den Bergbau sehr erheblich. Besonders helfend stand der alte Maschinenbau dem Bergbau im Kampf gegen die unterirdischen Wasser, die gefährlichsten Feinde des Bergbaubetriebes, zur Seite. Aber so sehr auch damals schon der Maschinenbau sich anstrengte, die unterirdischen Schätze vor dem Wasser zu erretten, er versagte nur zu oft. Zahlreiche Beispiele lassen sich aus der alten Geschichte des Bergbaues hierfür anführen. Immer wieder unterlag der Mensch im Kampfe gegen die unterirdischen Wasser. Nur nach und nach lernte er auch die ersten unbeholfenen Waffen in diesem Kampfe zu immer vollkommneren und betriebssicheren Werkzeugen und Maschinen auszubauen, mit denen er auch vor der Dampfmaschine bereits

erhebliches leistete, mit denen es ihm wenigstens gelang, in vielen Fällen noch den Besitzstand zu wahren, wenn es auch unmöglich war, mit diesen Hilfsmitteln den Bergbau weiter auszudehnen und noch tieferliegende Bodenschätze der menschlichen Arbeit dienstbar zu machen. Welcher Art waren diese Hilfsmittel, der unterirdischen Wasser Herr zu werden, vor Einführung der Dampfmaschine?

Konnte man sich nicht durch Abzugsstollen von dem Wasser befreien, so mußte man seine Zuflucht zu maschinellen Vorrichtungen nehmen, die durch Menschen-, Tier-, Wasser- oder Windkraft betrieben das Wasser durch die senkrechten Schächte herauszuschaffen hatten.

In Schottland wurden im 17. Jahrhundert vielfach Becherwerke, die von Wasserrädern betrieben wurden, benutzt. Eine Achse mit Kettenrad war quer über den Schacht gelegt; eine endlose Kette, die bis unten zum Stollen reichte, lief über sie weg. Eine Anzahl länglicher Holzkasten war daran befestigt; sie schöpften unten das Wasser ein und gossen es oben in eine Rinne aus. Hatte man für das Wasserrad ausreichendes Betriebswasser, so wurden sämtliche Schöpfkästen an der Kette angebracht; bei geringerer Wasserkraft verringerte man die Zahl. In dieser Weise suchte man sich der verfügbaren Krafterleistung anzupassen.

Der Wirkungsgrad dieser Vorrichtung war sehr schlecht. Die Ketten schwankten so, daß die Schöpfbehälter höchstens halbvoll nach oben kamen. Das andere Wasser lief an den Ketten und den Schachtwänden entlang wieder in die Tiefe. Außerdem war die Maschine teuer und erforderte viele Reparaturkosten. Die Ketten allein für einen Schacht von 80 Yards (73 m) Tiefe kosteten 3200 M. Wenn ein einziger Zapfen brach, was oft genug vorgekommen sein mag, stürzten die ganzen Ketten nebst Eimern mit furchtbarem Krach in die Tiefe, alles ging in Trümmer. Um die Wasserräder, die Antriebsmaschinen dieser Becherwerke, in gleichmäßiger Weise mit Betriebswasser zu versorgen, war es notwendig, große Teiche anzulegen, die ebenfalls viel Geld kosteten. Stand kein Wasser zur Verfügung, so ließ man etwas kleinere Becherwerke der gleichen Bauart von Pferden treiben. Damit gelang es nur aus verhältnismäßig geringer Tiefe das Wasser noch herauszuschaffen. Auf die tieferliegenden Schätze mußte, wie es schien, auf ewige Zeiten verzichtet werden. Die Schächte waren damals in Schottland etwa 30 bis 60 und nur wenige 90 bis 110 m tief. Bei den tieferen Schächten half man sich durch mehrere solcher Becherwerke, von denen das eine dem anderen das Wasser zuführte.

Noch 1710, als man den schottischen Grubenbesitzern vorschlug, ihre Anlagen dadurch wesentlich zu verbessern, daß man die Becherwerke durch Saugpumpen ersetzte, fand man noch niemanden in Schottland, der solche Anlagen hätte ausführen können. Wasserräder, die Pumpen antrieben, fanden sich dagegen zu dieser Zeit schon vielfach in den südlichen Bergbaubezirken Englands. So wurden vor Einführung der Dampfmaschine in Cornwall meistens kleine Wasserräder von 12 bis 15 Fuß (3,6 bis 4,5 m) Durch-

messer verwendet. Es waren überschlächtige Räder, die an jedem Ende ihrer Welle eine Kurbel hatten, von der aus eine oder zwei Pumpen angetrieben wurden.

Konnte man über ein beträchtliches Gefälle verfügen, so setzte man zwei oder mehrere solcher Räder übereinander und ließ das Wasser von dem einen dem anderen zufließen.

Berühmt war die Turmmaschine in Cornwall, bei der nicht weniger als 10 überschlächtige Wasserräder von je 20 Fuß (6,09 m) Durchmesser übereinander aufgestellt waren, deren Arbeitsleistungen auf den Betrieb zweier Pumpen durch geeignete Zwischenvorrichtung vereinigt wurden. Ein Kunstmeister Cornwalls verbesserte die Anlage wesentlich dadurch, daß er größere Räder von 45 bis 50 Fuß (13,7 bis 15,2 m) einführte, und bald waren im Bergbau Cornwalls zwei Wasserräder von je 48 Fuß (14,6 m) Durchmesser die gewöhnlichen Wasserhaltungsmaschinen.¹⁾

Waren Wasserkräfte nicht vorhanden, so mußten Tiere an Stelle der Wasserräder die Pumpen betreiben, und auch Menschenkraft, in zwei Schichten sich ablösend, die Tag und Nacht unausgesetzt die Pumpen zu bewegen hatte oder durch Drehen am Haspel mit Tonnen das Wasser heben mußte, wurde vielfach verwendet. Auch Windmühlen suchte man zuerst in Deutschland, dann auch in England zu verwenden. Aber das Wasser unten im Schacht richtete sich nicht danach, ob über der Erde der Wind wehte oder nicht. Bei länger dauernder Windstille konnten die Bergleute feiern, und das nicht allein, auch die mühsame Frucht arbeitslanger Jahre wurde oft durch die unterirdischen Wasser in kurzer Zeit vernichtet. Das gleiche ereignete sich auch nur zu oft beim Wasserbetrieb, denn nur selten reichten die Wassermengen im ganzen Jahre aus. Genügte die Wasserkraft noch gerade für den augenblicklichen Betrieb, so war es doch nicht möglich, tiefer zu gehen und höhere Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Kraftmaschinen zu stellen. Dann mußte der Betrieb der ganzen Grube eingestellt werden, der Mangel an Betriebskräften legte sie still.

So lagen die Verhältnisse in England. Das gleiche galt auch für den Bergbau anderer Länder.

In Schlesien²⁾ wurden noch am Anfang des vorigen Jahrhunderts neben den ersten Feuermaschinen alle die Vorrichtungen einer alten Technik zum Wasserheben mit benutzt. Da gab es „zweimännige“ Haspeln, mit denen durch Tonnen das Wasser herausgefördert wurde. Ein solcher Haspel für Tonnenförderung kostete damals etwa rund 60 M. Seine Betriebskosten, d. h. die Löhne für zwei „Zieher“ betragen 1 M. in 24 Stunden. Dann

¹⁾ Über die Betriebsmittel vor Einführung der Dampfmaschine im englischen Bergbau siehe Farey, Steam Engine, London 1827, S. 225—229 und Abridgments of Spec., Bd. 1, S. 28.

²⁾ s. Akten des Königl. Oberbergamtes Breslau, Nr. 918 Acta Generalia über die Errichtung sowie den Betrieb der Feuermaschinen auf dem Tarnowitzer Bergbau, 1814—1818.

waren Saugpumpen der einfachsten Konstruktion im Betrieb. Sie bestanden nur aus einem hölzernen Pumpenrohr, das einen Saugkorb und eine Saugklappe besaß. Man legte es schräg in die Wassergrube unten im Schacht. Der Arbeiter stand davor und griff unmittelbar mit einem Querstück an die Kolbenstange an. Der Kolben war ein lederner Sack, der in das Wasser gestoßen sich etwas zusammendrückte, dann sich mit Wasser füllte und nun vom Arbeiter herausgezogen wurde. Das waren die billigsten Wasserhaltungsvorrichtungen; da kostete eine ganze Wasserhaltungsmaschine nur 18 M., und ihre täglichen Betriebskosten werden zu 1 bis 1,80 M. angegeben. Neben diesen Saugpumpen werden dann einfache Hubpumpen, bei denen der Arbeiter in der gewöhnlichen Weise an einem Schwengel arbeitete, sogenannte „Drückelpumpen“, benutzt; sie erforderten schon Anlagekosten von 120 bis 150 M. und tägliche Betriebsausgaben von 1,80 M.

Bei der Tonnenförderung werden auch Pferde benutzt und die Haspel durch einen Göpel mit Zwischenübersetzung angetrieben. Hier finden sich auch schon Vorrichtungen, um die Tonnen beim Aufgang selbsttätig umzukippen, den Betrieb also ununterbrochener zu gestalten. Diese Pferde- oder Tonnengöpel kosteten schon 1200 M. und ihr Betrieb etwa 11 M. täglich. Das Vollendetste vor Einführung der Dampfmaschine in Schlesien waren die „Roßkünste“, bei denen die Drehbewegung eines Pferdegöpels in geeigneter, oft recht verwickelter Weise, in die Auf- und Abwärtsbewegung zweier Saugpumpen umgesetzt wurde; sie kostete schon fast 5000 M. und erforderte 24 M. tägliche Betriebskosten.

Das waren die Vorrichtungen, die von der Dampfmaschine zu übertreffen waren. Das waren die Hilfsmittel des alten Maschinenbaues, die, auch wenn man ihre Leistungsfähigkeit dadurch zu vergrößern suchte, daß man eins neben das andere setzte, doch bei weitem nicht mehr ausreichten.

Für eine Grube allein dienten oft 60, 80 und noch mehr „Haspelknechte“ zur Wasserförderung, und daneben waren noch hunderte, auf einigen Gruben sogar bis 500 Pferde nötig, um des Wassers Herr zu werden. Diese vielen Tiere brauchten natürlich ein entsprechende Bedienungsmannschaft; da gab es hunderte von Pferdejungen und Pferdeknechten. Für all diese Menschen mußten Unterkunftsräume, für die Tiere Ställe beschafft werden. Die hohen Futterkosten erhöhten immer unerträglicher die Betriebskosten. Und dabei reichten auch diese Anstrengungen nicht mehr aus. Gruben mußten verlassen werden, blühende Ansiedelungen verödeten, und immer mehr schien der Mensch am Ende seiner Macht angelangt zu sein. Berücksichtigt man diese Verhältnisse, so wird man das Interesse verstehen können, das in Bergmannskreisen der Dampfmaschine als der Retterin aus der Not entgegengebracht wurde.

Zuerst allerdings war es mit ihrer Hilfe nicht immer weit her. Die Betriebskosten waren außerordentlich hoch und die Betriebssicherheit noch sehr gering. Nur wo es gar nicht anders ging, war man gezwungen, die

Dampfmaschine anzuwenden. Aber bald lernte der Maschinenbauer, sie zum immer besseren Werkzeug auszubilden.

Für die Anforderungen des Bergbaues war die Dampfmaschine erfunden worden, im Bergbau hat sie auch zuerst die wesentlichsten grundlegenden Verbesserungen erfahren; der Bergbau war lange Zeit der Hauptabnehmer der Dampfmaschine. Erst mit Hilfe der Dampfmaschine wurde es ihm möglich, mit den Schächten tiefer zu gehen, die ungeheuren Bodenschätze an Erz und Kohle der menschlichen Arbeit in immer größeren Mengen zuzuführen.

Es war aber nicht genug, das Wasser aus den Gruben zu entfernen, es mußte auch das in der Tiefe gewonnene Gut ans Tageslicht geschafft werden. Wo man das Wasser mit Tonnen nach oben förderte, lag es nahe, in der gleichen Weise, oft mit denselben Tonnen, Kohlen oder Erz zu fördern. So entstanden die ersten Fördermaschinen, die ebenfalls wieder durch Wasserräder, Pferde oder Menschen betrieben wurden, auf die man dann aber auch bald, nachdem sich die Dampfmaschine für Wasserhaltung bewährt hatte, die neue Kraft anzuwenden suchte.

Die Dampfmaschine in Gestalt der Wasserhaltungsmaschine an erster, der Fördermaschine an zweiter Stelle wurde so zu der wichtigsten Betriebsmaschine des Bergbaues, zu der in neuerer Zeit noch Dampfmaschinen kamen, die für den Wetterzug in der Grube zu sorgen haben.

Die Entwicklung der Maschine auf diesem Gebiet ist im technischen Teil ausführlich behandelt. Hier dürfte es noch interessant sein, aus dem Umfang der Produktion, die mit Hilfe der Dampfmaschine im Laufe der Entwicklung erreicht wurde, sich ein Bild von ihrer Bedeutung zu machen.

Schon 1892 wurden auf der ganzen Erde rund 530 Mill. t Kohlen und 50 Mill. t Eisenerze gewonnen. In Großbritannien förderte man 1850 schon über 64, 1893 über 104 Mill. t, in Deutschland 1850 erst 5 und 1893 76 Mill. t Kohlen.

Die Fig. 1 und 2 geben eine Übersicht über die Kohlegewinnung in den einzelnen Staaten bzw. Erdteilen.¹⁾

1894 stand England noch an erster Stelle, 1904 war es von Amerika schon überholt. Deutschland steht mit 169,4 Mill. t Kohlen (davon 120,8 Mill. t Stein- und 48,6 Mill. t Braunkohlen) an dritter Stelle.

Wie sich Wasser- und Dampfkraft auf die einzelnen Gruppen des Bergbau-, Hütten- und Salinenwesens in Deutschland verteilen, zeigt nach der letzten Statistik 1895 folgende Tabelle:

¹⁾ Ausführliche Zahlentafeln, bei denen auch zwischen Stein- und Braunkohlen unterschieden wird, s. stat. Jahrb. Deutsch. Reich 1905.

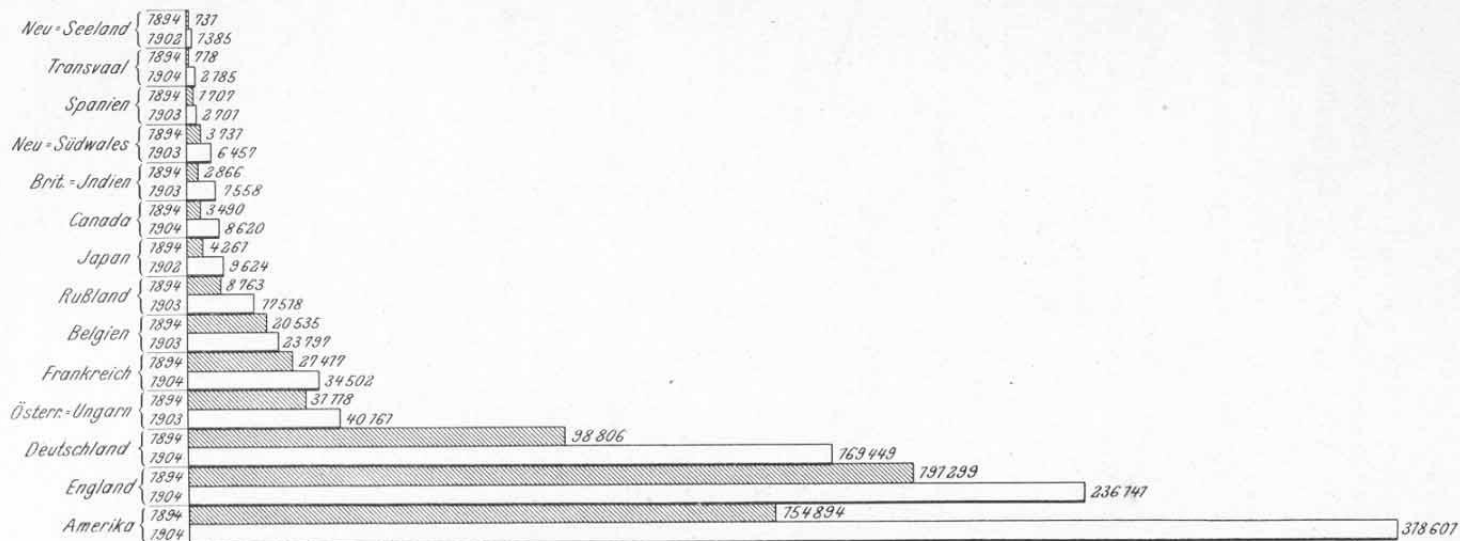


Fig. 1. Kohlegewinnung in den verschiedenen Staaten in 1000 mt.

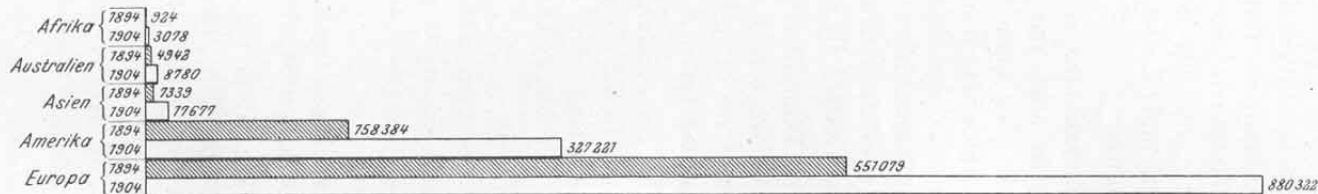


Fig. 2. Kohlegewinnung der Welt 1894 und 1904 in 1000 mt.

Gewerbeklassen	Wasser		Dampf	
	Betriebe	PS.	Betriebe	PS.
a) Erzgewinnung	51	4922	215	47 631
1. Erzbergwerke (ohne Eisen)	42	4814	130	37 281
2. Eisenerzbergwerke	9	108	85	10 350
b) Hüttenbetrieb, auch Frisch- und Streckwerke	242	8555	389	440 595
1. Silber-, Kupfer-, Zinnhütten	63	2780	96	14 473
2. Nickel-, Arsenik- usw. Hütten	4	100	3	66
3. Herstellg. v. Eisen u. Stahl	175	5675	290	426 056
c) Salzgewinnung	34	1397	55	19 696
1. Salzbergwerke	5	506	20	17 872
2. Salinen	29	891	35	1 824
d) Gewinnung von Stein- und Braunkohlen usw.	25	501	799	459 348
1. Steinkohlenbergwerke	11	254	289	393 423
2. Verkokungsanstalten	—	—	63	8 419
3. Braunkohlenbergwerke	5	114	328	42 711
4. Graphit, Bernstein	7	103	14	671
5. Steinkohlenbriketts	1	5	23	2082
6. Braunkohlenbriketts	1	25	82	12 042
e) Torfgräberei u. Torfbereitung	2	63	119	1769

Je nach den mehr oder weniger günstigen Abbauverhältnissen wird natürlich die Dampfmaschinenleistung, die auf eine Tonne geförderte Kohle oder Erz entfällt, sehr verschieden sein. Besonders die Wassermengen, die zu bewältigen sind, werden in den einzelnen Bezirken weit voneinander abweichen und die Wirtschaftlichkeit des ganzen Betriebes sehr beeinflussen.

Zwei Beispiele aus deutschen Bergbaubezirken mögen eine Vorstellung geben von dem, was die Dampfmaschinenkraft heute auf diesem Gebiete zu leisten hat.

So kam 1885 im Saarbrücker Bezirk 1 cbm minutlicher Wasserzufluß auf eine jährliche Produktion von 260000 t, in Westfalen auf 130000 t. Im Ruhrkohlenbergbau wurden 1885 113,3 Mill. cbm Wasser und 1899 169,5 Mill. cbm Wasser gehoben. Bezieht man diese Zahlen auf die geförderte Kohlenmenge, so mußten für jede Tonne Kohlen 1885 4,43, 1899 3,08 cbm Wasser gehoben werden. Ein ungünstiges Verhältnis zwischen Kohlen und Wasserförderung erschwert auch, abgesehen von den höheren Kosten für Wasserhaltung, den gesamten Betrieb und wirkt somit sehr nachteilig auf die wirtschaftlichen Ergebnisse des Bergbaues. Auch hier kann die Technik durch verbesserten Schachtausbau und leistungsfähigere, wirtschaftlichere Kraftmaschinen erhebliches bessern.

Die Kosten der Dampfmaschinenbetriebe spielen fast in jedem Grubenhaushalt eine hervorragende Rolle. Von der Möglichkeit, sie durch tech-

nische Verbesserungen zu verringern, hängt oft die Zukunft des Betriebes allein ab. Und welche Summen kommen hier in Betracht! Im rheinisch-westfälischen Kohlenbergbau waren 1885 allein für die Wasserhaltung rund 50 Mill. Mark angelegt. Die Anlagekosten einer Wasserhaltungseinrichtung betragen rund 200000 Mark, davon kam etwa die Hälfte auf die Maschinenanlage ohne Kessel.

Die Dampferzeugung für den gesamten Maschinenbetrieb der Gruben erforderte jährlich 6,13 Mill. Mark, davon kamen 71 v. H. auf den Kohlenverbrauch der Maschinen, 16 v. H. auf Löhne. Auf die Wasserhaltung entfielen von den Gesamtkosten der Dampferzeugung 2,37 Mill. Mark. Insgesamt wurden 1886 für Wasserhaltungszwecke 3,5 Mill. Mark aufgewendet und damit 50736 mt in der Minute geleistet. 1 mt kostete somit 1886 im Ruhrkohlengebiet im jährlichen Durchschnitt 70 Mark oder 1 PS in gehobenem Wasser ausgedrückt 315 Mark. Dabei war das mitbenutzte Koks- ofengas nicht mitgerechnet.¹⁾ Nonne weist nach, daß man schon damals bei vollkommener Ausnutzung von besten Maschinen mit etwa einem Viertel der jährlichen Ausgaben für Wasserhaltungszwecke hätte auskommen können, und daß eine hierfür ausreichende Anlage sich für etwa den zehnten Teil der für die bestehenden Anlagen bisher aufgewendeten Neubaukosten hätte herstellen lassen.

Für 1900 gibt das „Sammelwerk“²⁾ wertvolle wirtschaftliche Angaben über die Wasserhaltungen des Ruhrkohlenbergbaues. Danach stellen sich die Gesamtbetriebskosten für 1 PS-st einschließlich Abschreibung und Verzinsung des Anlagekapitals bei Dampfwaterhaltung mit 24stündigem Maschinenbetrieb auf 2,57 bis 2,74 Pf., bei 12stündigem Betrieb auf 4,5 bis 5,5 Pf., bei nur 4stündigem auf 8,6 bis 9,6 Pf. Bei ununterbrochenem Betrieb würde an jährlichen Gesamtbetriebskosten die Metertonne im Ruhrkohlenbezirk 1900 auf 48,66 Mark zu stehen kommen.

Im Bezirke der Königlichen Bergwerksdirektion zu Saarbrücken waren 1901 insgesamt 674 Dampfkessel und 62930 PS in Betrieb, die jährlich rund 430000 t Kohlen im Werte von 3,42 Mill. Mark brauchten. Die Betriebs- und Unterhaltungskosten beliefen sich auf über 2 $\frac{1}{2}$ Mill. Mark und die Gesamtkosten somit etwa auf 6 Mill. Rund 12,3 Mill. t wurden im Jahre gefördert und auf 1 t der Förderung kamen 1901 48,63 Pf.³⁾

Die Dampfmaschine hat nicht nur die unterirdischen Wasser von der menschlichen Arbeit abzuwehren, Kohlen und Erz an das Tageslicht zu fördern, das Gewinnen der Bodenschätze also überhaupt zu ermöglichen, sie läßt sich auch nicht entbehren bei der weiteren Verarbeitung, bei der Gewinnung der Metalle aus dem Erze, sie spielt die größte Rolle vor allem

¹⁾ Für den rheinisch-westfälischen Kohlenbergbau und die Zeit 1885 gibt Nonne in der Festschrift zum Allgemeinen Bergmannstage 1886 ausführliche Angaben.

²⁾ Die Entwicklung des Niederrh.-Westf. Steinkohlen-Bergb. in der zweiten Hälfte des 19. Jahrh. Bd. IV. Berlin 1902.

³⁾ s. Amtl. Übersicht üb. Kessel u. Dampf m. d. Kgl. Bergwerksdir. Saarbrücken 1901.

im Eisenhüttenwesen. Sie ermöglicht erst, Eisen und Stahl, aus dem sie selbst besteht, in großem Umfange herzustellen. Außerordentliche Umwandlungen sind in dem letzten Jahrhundert im Eisenhüttenwesen vor sich gegangen. Der Übergang zum Hochofenbetrieb, mit dem allein eine beträchtliche Leistung zu erzielen war, hatte bereits Kraftmaschinen zum Antrieb der Gebläse unentbehrlich gemacht. Nur durch Einführung der unbeholfenen Wasserräder war damals schon dieser gewaltige Fortschritt erreichbar gewesen.

Als die Wälder sich immer mehr lichteten, das Holz teurer wurde, es deshalb immer dringender wurde, auch Steinkohlen und Koks zu verwenden, da war dieser gewaltige Fortschritt, der die Möglichkeit bot, die Eisenerzeugung ins Ungeahnte zu steigern, wieder nur möglich, wenn leistungsfähigere Kraftmaschinen für stärkere Gebläse vorhanden waren. Erst damit wurde es möglich, den Kokshochöfen die für den Betrieb unentbehrliche Luftmenge zuzuführen. Diese leistungsfähige Kraftmaschine war wieder die Dampfmaschine. Sie drang zuerst als Gebläsemaschine in das Eisenhüttengewerbe ein, und selbst das Zylindergebläse, das sie hier zu betreiben hatte, ist wahrscheinlich der Feuermaschine nachgebildet worden. Als es dann um die Mitte des vorigen Jahrhunderts (1855) Henry Bessemer gelang, durch Einblasen von Luft geschmolzenes Gußeisen in Stahl und Schmiedeeisen umzuwandeln, und diese geniale Erfindung den Vorgang der Stahlerzeugung von $1\frac{1}{2}$ Tagen auf 20 Minuten abkürzte, da mußten wieder die Dampfmaschinen ihre Leistungsfähigkeit im Dienste dieses neuen Verfahrens außerordentlich steigern.

So sind die Gebläsemaschinen der Hüttenwerke immer gewaltiger geworden, die Maschineneinheiten sind auch hier riesig gestiegen. Von der Betriebssicherheit der Gebläsemaschinen hängen hohe Geldwerte ab, denn ihr Versagen käme einem Stillstand des ganzen Betriebes gleich. So ist es mit Hilfe der Dampfmaschine im Verein mit den Fortschritten der Technik auf anderen Gebieten gelungen, die Leistung eines Hochofens außerordentlich zu steigern. In der Mitte des vorigen Jahrhunderts erzeugte bereits ein englischer Hochofen jährlich im Durchschnitt 3500 t Roheisen, ein amerikanischer 2500 t, ein belgischer 1500 t, ein französischer 450 t, ein deutscher nur 350 t.¹⁾ Heute ist Deutschland auch hierin den anderen Staaten ebenbürtig, und die größten unserer heutigen Hochöfen erzeugen 450 t täglich, also in 24 Stunden mehr als vor einem halben Jahrhundert in $1\frac{1}{4}$ Jahren; neuzeitige Riesenhochöfen bringen es somit im Jahre auf über 160 000 t.

Wie sich die Roheisenindustrie den einzelnen Staaten nach abstuft, läßt Fig. 3 erkennen.

Die deutsche Roheisengewinnung betrug 1904 bereits über 10 Mill. t und hat damit die Roheisengewinnung Großbritanniens und Irlands mit rund 9 Mill. t schon um eine Million im Jahr überholt. An erster Stelle stehen die Vereinigten Staaten mit etwas über 18 Mill. im Jahr 1903.

¹⁾ s. P. Mischler, Das deutsche Eisenhüttengewerbe 1852.

Die Dampfmaschine war wieder unentbehrlich zum Formgeben des Eisens. Die unbeholfenen Stielhämmer, durch Wasserkraft getrieben, reichten nicht mehr aus, die immer größer gewordenen Maschinenteile herzustellen. Gedrängt durch das zwingende Bedürfnis, entwarf der große englische Ingenieur Nasmyth den Dampfhammer. Bescheiden verglich wohl Nasmyth, der „Vulkan des 19. Jahrhunderts“, seine Arbeit mit „der Tätigkeit des Mannes, der dem Organisten den Wind macht“; ohne diesen Wind aber wäre die Orgel stumm, ohne den Dampfhammer die Entwicklung der Eisenbearbeitung, wie wir sie kennen, nicht möglich gewesen.

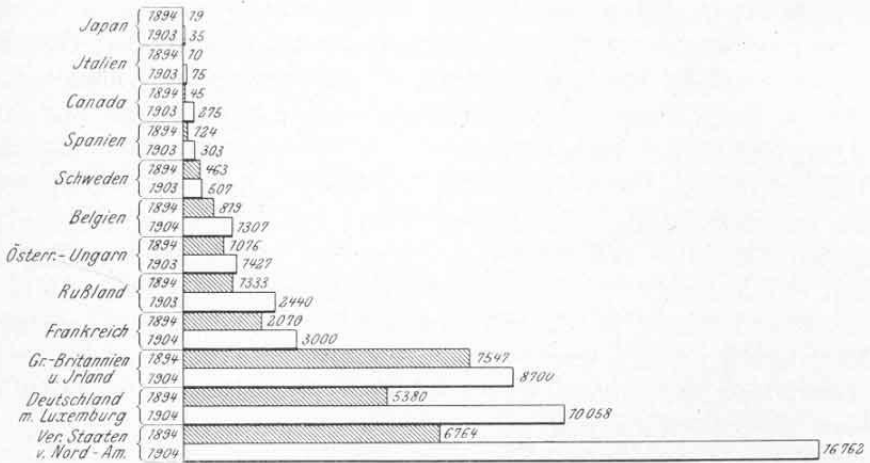


Fig. 3. Roheisengewinnung in den verschiedenen Staaten in 1000 mt ausgedrückt.

Die gewaltigen Dampfhammer mit ihren riesigen Kräften, die doch spielend der Menschenhand gehorchten, wurden volkstümlich. Vom Kruppschen Riesenhammer Fritz erzählte man wohl auch in der Volksschule. Mit ihren ungestümen, donnernden Schlägen predigten sie gar eindrucksvoll von dem Sieg des Menschen über eine riesige Naturkraft. Und doch gab es noch ungleich wirksamere Mittel zur Formgebung des Eisens — das waren die Walzwerke, die überall, im Eisenbahnzeitalter vor allem, entstanden. Wie groß war auch hier die Entwicklung in wenigen Jahrzehnten! Als am Anfange des vorigen Jahrhunderts die Walzwerke in kleinem Maßstabe zuerst sich auszubreiten begannen, mußten noch vielfach unbeholfene Wasserräder von geringer Leistungsfähigkeit als Betriebsmaschinen dienen; Dampfmaschinen, die nicht viel stärker waren, mußten sie ersetzen. Walzenzugmaschinen von 10, 15 und 20 PS waren damals die Regel; und heute gehören die Maschinen dieser Gruppe neben den Schiffsmaschinen mit zu den stärksten, mit zu denen, an deren Leistungsfähigkeit, Unempfindlichkeit gegen schlechte Behandlung, gegen Stöße und Schmutz, die höchsten Anforderungen gestellt werden. Gewaltige Maschinen von vielen 1000 PS sind die Regel, Maschineneinheiten von 15000 PS und darüber sind im Betrieb.

Damit allein ist es möglich geworden, die riesigen Profileisen, die heute der Eisenhochbau für seine gewaltigen Bauten braucht, herzustellen; mit ihnen allein konnte man daran denken, ungeheure Eisenmassen zu Panzerplatten zum Schutz der heutigen Riesenkriegsschiffe zu formen. Auch die riesigen Dampfschmiedepressen, deren Betriebskraft in letzter Linie heute auch noch von der Dampfmaschine herrührt, dürfen nicht vergessen werden, wenn man den großartigen Leistungen der Dampfkraft in diesem Gebiet gerecht werden will.

3. Die Dampfmaschine im gewerblichen Betriebe.

Entstehung der ersten Fabriken der Textilindustrie. — Einführung der ersten Dampfmaschinen. — Konzentration des Betriebes. — Steigerung der Produktion. — Übergang zum Großbetrieb. — Die Dampfmaschine in den einzelnen Gewerbegruppen. — Statistische Übersichten.

Von den gewerblichen Betrieben waren es vor allem die für die Bekleidungsgerwerbe arbeitenden Unternehmungen, die zuerst sich in größerem Umfange der Dampfmaschine bedienten. Die Textilindustrie gehört neben dem Bergbau zu den Unternehmungen, die schon frühzeitig zu einem gewissen Großbetrieb sich entwickelt hatten. Sie war zum Teil aus dem einfachen Handwerksbetrieb in die Form der Manufaktur übergegangen, hatte ihr Absatzgebiet erweitert und begann Massenfabrikation zu treiben. Deshalb verlangte auch sie dringend nach leistungsfähigeren Kraftmaschinen als ihre einfachen Wasserräder waren, die zumal noch oft dann, wenn sie am nötigsten gebraucht wurden, versagten.

Italien hat unter den europäischen Ländern, neben Flandern als eines der ersten, schon früh Anfänge der modernen Fabrikunternehmungen aufzuweisen. Schon aus dem 13. Jahrhundert sind hier Gewerbeanlagen bekannt, welche von einem Unternehmer geleitet, eine große Anzahl Arbeiter beschäftigten. In Florenz sollen schon um 1350, wohl einschließlich ihrer Familien gerechnet, 30 000 Arbeiter von der Textilindustrie gelebt haben.¹⁾

Bologna hatte schon um 1340 eine große Spinnerei, die durch Wasserkraft betrieben, soviel wie 4000 Spinnerinnen erzeugt haben soll. In den heutigen Niederlanden und in Belgien sollen in Brügge am Ende des 14. Jahrhunderts bereits 50 000 Menschen durch Spinnen und Weben der Wolle sich beschäftigt haben, und in Crefeld hatte um 1760 die Fabrik des Holländers Heinrich von der Leyen schon 17 bis 18 Zwirnmühlen, 200 bis 300 Bandmühlen und 500 bis 1000 Webstühle im Betriebe und beschäftigte im ganzen etwa 1500 Arbeiter.²⁾

Aber solche Fabrikunternehmungen waren vor der Dampfmaschine

¹⁾ s. Allgemeine Enzykl. Ersch und Gruber, Artikel: Gewerbe.

²⁾ s. A. Thun, Leipzig, Die Industrie am Niederrhein und ihre Arbeiter, 1879.

doch sehr selten, sie galten als Ausnahmen und wurden dementsprechend gebührend angestaunt.

Sobald die Dampfmaschine sich im Bergbau bewährt hatte, lag der Wunsch nahe, diese Betriebskraft auch auf die schon bestehenden Fabriken anzuwenden. Hierbei machte anfangs die Kraftübertragung von dem auf- und niedergehenden Kolben auf die sich umdrehende Maschine große technische Schwierigkeiten. Zuerst umging man sie, indem man das Wasserrad beibehielt und durch die Dampfmaschine das Betriebswasser immer von neuem wieder auf die notwendige Höhe heben ließ. Dazu konnte man die Pumpmaschine, die anfangs die Dampfmaschine ausschließlich war, ohne wesentliche Veränderungen sofort benutzen und den schon vielfach vorhandenen Wasserradantrieb auch unmittelbar verwenden. Ja, man konnte auf diese Weise sogar Saverysche Maschinen, also kolbenlose, direktwirkende Dampfpumpen, zum Fabrikbetrieb benutzen. Das war natürlich ein Umweg, der die Anlage verwickelt, teuer und wenig leistungsfähig machte. Man ging deshalb bald dazu über, die Drehbewegung von der Maschine abzuleiten; auch die atmosphärischen Maschinen verwendete man bereits in dieser Weise als Betriebsmaschinen.

Die eigentliche Betriebsmaschine aber hat doch erst James Watt durch seine doppelwirkende Dampfmaschine mit Drehbewegung geschaffen. Boulton, sein Geschäftsteilhaber, hatte zuerst das ungeheure Anwendungsgebiet für die Dampfmaschine richtig erkannt und deshalb Watt sehr dazu gedrängt, auch diese Aufgabe zu lösen. Die Maschine wurde von der Industrie mit Freuden aufgenommen und verbreitete sich in England vor allem sehr schnell in dem Sitz der Baumwollspinnerei. Jetzt erst gewannen die epochemachenden Erfindungen eines Arkwright, eines Crampton und anderer auf dem Gebiete der Arbeitsmaschinen der Textilindustrie eine ungeahnte Bedeutung. Denn jetzt erst erhielt diese Industrie eine Antriebsmaschine, deren Leistungsfähigkeit notwendig war, um die Arbeitsmöglichkeit der neuen Spinnmaschinen auch ausnutzen zu können. Durch dieses gleichzeitige Auftreten der neuen Arbeitsmaschinen und der Kraftmaschinen in England war die Grundlage zu einer außergewöhnlich schnell sich entwickelnden Großindustrie gegeben, die mit ihrem Bedarf an Maschinen wieder dem Maschinenbau ein großes Absatzfeld verschaffte. 1788 gab es in England bereits 142 Fabriken für Textilindustrie. 1856 kamen auf eine Baumwollspinnerei in England schon durchschnittlich 12670 Spindeln, 1854 in Österreich 8103, in Sachsen 4170, in Preußen 2400, in Frankreich 1852 5747 Spindeln. England war also in dem Umfange des Betriebes allen anderen Staaten weit voraus.

Wie ungemein die Erzeugung durch die Einführung der Maschine gesteigert wurde, kann man daraus ersehen, daß noch um 1740 in England nur etwa 2 Mill. Pfund Rohbaumwolle eingeführt wurden. 1788 zeigt sich

¹⁾ s. Roscher, System der Volkswirtschaft, Bd. III, 1899.

schon die Wirkung der großen Maschinenerfindungen; es wurden bereits 19 Mill. und 1825 gar 244 Mill. Pfund Rohbaumwolle eingeführt. 1866 war die Zahl auf 1409 Mill., 1891 auf 1995 Mill. Pfund gestiegen.

Im Jahre 1903 waren in Großbritannien 47,2 Mill. Baumwollspindeln in Betrieb. Der europäische Kontinent hat 34 Mill., die Vereinigten Staaten von Amerika rund 22,24 Mill., Indien 5,1 Mill., Japan 1,45 Mill. Spindeln für Baumwolle in Betrieb. 1903 sollen auf der ganzen Erde fast 112 Mill. Baumwollspindeln sich gedreht haben. Aber nicht nur die Zahl, sondern auch die Leistung einer Spindel ist sehr gestiegen. Leistete eine Spindel im Jahre 1817 etwa durchschnittlich 6,8 kg, so schon im Jahre 1833 etwa 12,2 kg.

Heute kann etwa die tägliche Leistung einer fleißigen Handspinnerin von der Maschine in 10 Minuten geliefert werden. Und in Webereien, die von Dampfmaschinen betrieben werden, ist die Leistung gegenüber der Handarbeit auf etwa das 90fache gestiegen. Ein Stück Gewebe, das mit der Hand herzustellen etwa 340 Stunden Arbeitszeit erforderte, läßt sich mit der Maschine in 3 Stunden 40 Minuten marktfertig herstellen.¹⁾

Wie sehr die Dampfmaschine im Vergleich zu anderen Gewerbegruppen gerade in die Textilindustrie eingedrungen ist, lassen die graphischen Darstellungen auf S. 42 und 48 erkennen. Sie zeigen, in welcher Weise sich die Dampfmaschinenkraft auf die einzelnen Gewerbe verteilt.

Die Entwicklung geht hier, auch durch die bessere Maschinenausnutzung veranlaßt, immer mehr zum Großbetrieb über. Die gleiche Entwicklung vollzieht sich mehr oder weniger bei allen anderen Gewerbegruppen, natürlich nicht in allen gleich schnell; denn nicht alle bieten durch die Art ihres Betriebes die gleichen günstigen Bedingungen für Dampfmaschinenverwertung.

Auf dem Gebiete, das statistisch unter „Nahrungs- und Genußmittel“ zusammengefaßt wird, war der Kraftmaschinenbetrieb in Form von Wasser- und Windmühlen schon frühzeitig sehr allgemein geworden, so daß auch heute noch der Begriff „Mühle“, der früher ganz allgemein allen maschinellen Einrichtungen mit Drehbewegung beigelegt wurde, heute sofort an Getreidemühlen erinnert. Auch heute wird gerade auf diesem Gebiet Wasser und Wind neben der Dampfkraft sehr häufig benutzt. Die rund 18000 Windmühlen, die zur Zeit noch in Deutschland im Betriebe sind, dienen fast alle zum Getreidemahlen.

Die Dampfkraft wurde in England zuerst in Getreidemühlen eingeführt. Es waren die berühmten Albionmühlen, die, 1784 errichtet, von den ersten größeren Wattschen doppelwirkenden Maschinen mit Drehbewegung betrieben wurden, deren jede die damals gewaltige Leistung von 50 PS ausübte. Sie fielen einer Brandstiftung zum Opfer. Man nimmt an, sie seien absichtlich von den Arbeitern, die für ihre Existenz fürchteten, vernichtet

¹⁾ s. Handbuch der Wirtschaftskunde Deutschlands, III. Band. Leipzig 1904.

worden. Jedenfalls kam die Freude des Volkes über die Zerstörung der ersten Dampfmaschine auch äußerlich schon während des Brandes sehr stark zum Ausdruck.

Aber damit ließ sich der große Entwicklungsgang, der Ersatz der Menschenarbeit durch Maschinenkraft, nicht aufhalten. Bald entstanden nicht nur in England, sondern in allen anderen Ländern Dampfmaschinenmühlen.

In Deutschland kam die erste Dampfmaschine 1822 in Berlin in Betrieb, die zweite 1823 in Magdeburg. 1831 zählte man in Deutschland erst 7 Dampfmaschinen, 15 Jahre später bereits 115. 1861 gab es 668 und 1895 schon 3832 mit 96195 PS. Auf 10000 Einwohner kamen 1861 noch etwas über 17 Mühlen, 1895 nur noch 10 Mühlen; die kleinen Betriebe werden auch hier immer mehr durch die Großbetriebe verdrängt. In den 30er und 40er Jahren leistete ein Mahlgang in diesen Mühlen etwa 8 bis 10 Ztr. Getreide täglich. Eine Mühle, die 40 bis 50 Ztr. täglich vermahlen konnte, galt schon als ausnahmsweise groß. Heute rechnet man erst Mühlen, die täglich etwa 1000 Ztr. Getreide vermahlen, zu den größeren Unternehmungen.

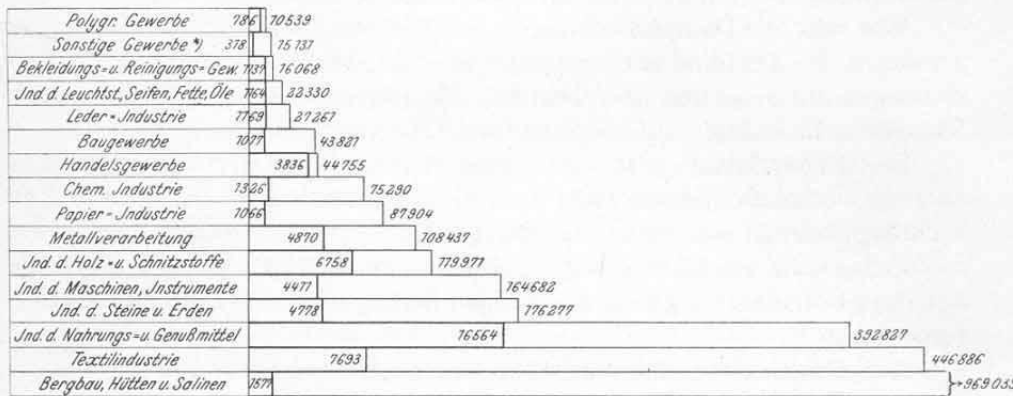


Fig. 4. Anzahl und PS der Dampfmaschinenbetriebe in den einzelnen Gewerbegruppen Deutschlands 14. Juni 1905. (Die Zahlen rechts bedeuten PS, die links Anzahl der Betriebe.)

Dieselbe Entwicklung zeigt sich auch auf allen anderen Gebieten. In der Papierfabrikation hat die Leistungsfähigkeit eine fast unglaubliche Höhe erreicht. Eine einzige Papiermaschine kann heute in einer Stunde etwa 3000 qm Papier fertigstellen.

Von Kraftmaschinen angetriebene Schnellpressen haben in ungeahnter Weise die Erfindung Gutenbergs gesteigert. Schon die ersten Schnellpressen, die 1810 von König und Bauer als Flachdruckmaschinen angewendet wurden, leisteten mehr als das Doppelte einer Handpresse. König ersetzte aber bald die Druckplatte durch Druckzylinder, führte also die

*) Unter den sonstigen Gewerben ist zusammengefaßt: Tierzucht und Fischerei — Künstlerische Gewerbe — Kunst- und Handelsgärtnerei — Verkehrsgewerbe — Beherbergungs- und Erquickungsgewerbe.

Drehbewegung ein, und schuf so die moderne Schnellpresse, durch die erst unser heutiges Zeitungswesen mit seiner außerordentlich schnellen und umfangreichen Berichterstattung möglich geworden ist. Schon Ende der 20er Jahre wurden in London vierzylindrige Schnellpressen für den Zeitungsdruck gebaut, von denen eine in einer Stunde 4000 Exemplare fertigzustellen vermochte. Heute werden Doppelmaschinen

aufgestellt, die in einer einzigen Stunde etwa 70000 Abdrücke fertigstellen, eine Leistung, welche das gleiche Personal mit Hilfe der früheren Handpresse etwa erst in 3 Wochen bei angestrengtester Arbeit hätte herstellen können.¹⁾

In erster Linie war die Dampfmaschine auch zu ihrer eigenen Herstellung nötig. Der Maschinenbau brauchte zum Antrieb seiner Metallbearbeitungsmaschinen eine leistungsfähige Kraftmaschine; denn der Kraftverbrauch der Werkzeugmaschinen stieg naturgemäß mit den sich steigernden Leistungen, die von ihnen verlangt wurden.

So gibt es heute keine Gewerbetätigkeit, in der nicht die Dampfmaschine ihre Rolle spielt. Kaum ein Gegenstand des täglichen Verbrauchs läßt sich denken, bei dem nicht die Dampfkraft in irgendeiner Weise mit zu arbeiten hätte. Eine Geschichte der einzelnen Industriezweige wird immer eine neue Epoche von der Einführung der Dampfmaschine aus zu rechnen haben.

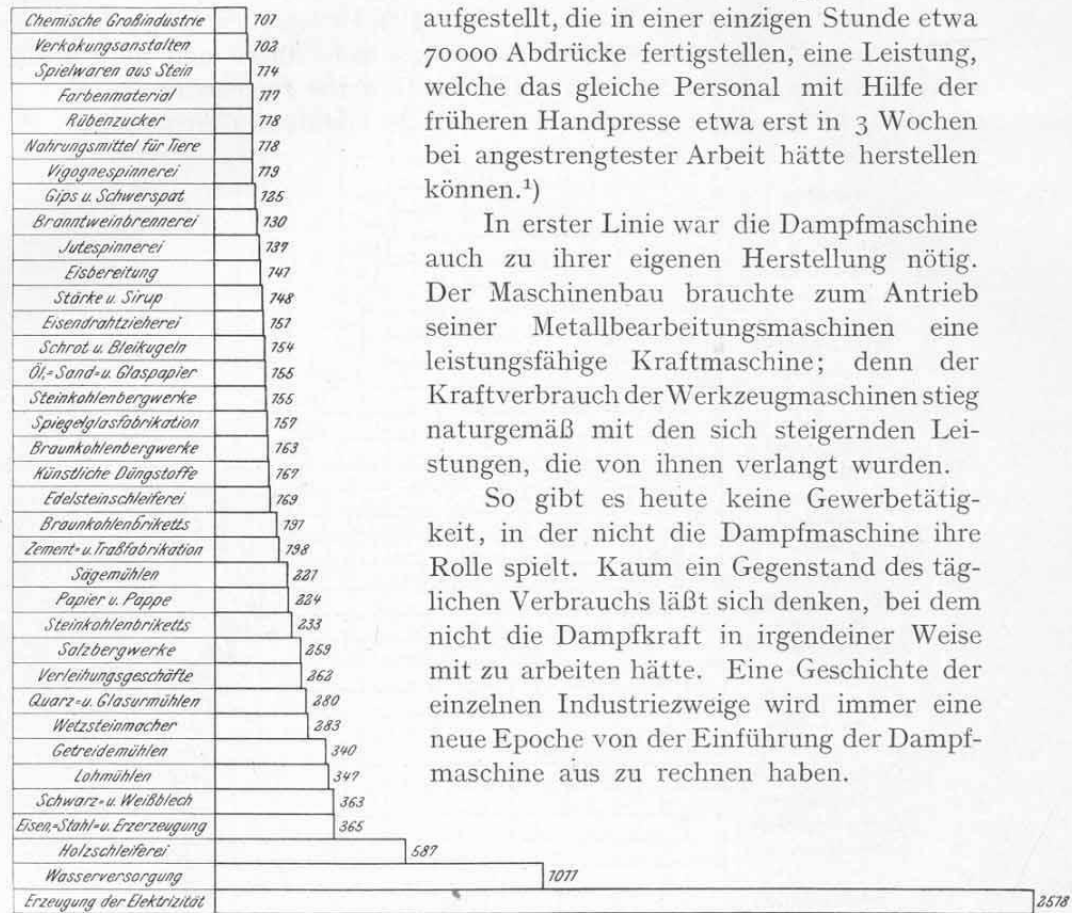


Fig. 5. Anzahl der PS auf je 100 Personen. (Deutschland 1895.)

Die Statistik gibt einigen Aufschluß, in welchem Maße Kraftmaschinen heute bereits menschliche Arbeitskraft in den einzelnen Gewerbegruppen unterstützen. Die ausführlichsten Angaben liegen über Deutschland und im besonderen über Preußen vor.²⁾

¹⁾ s. Handbuch der Wirtschaftskunde Deutschland, Leipzig 1904.

²⁾ Entsprechende Angaben sind noch besonders in dem Abschnitt über Frankreich und die Verein. Staaten enthalten. Für Deutschland muß die Gewerbezahlung vom 14. Juni 1895 noch benutzt werden, da leider die für 1905 geplante Zählung verschoben werden mußte.

Die Gewerbegruppen nach Zahl der in ihnen verwendeten Dampfmaschinen-PS geordnet, zeigt Fig. 4. 1895 waren zusammen 2,75 Mill. PS in den gewerblichen Betrieben tätig. Greift man die Gewerbearten, in denen auf jede gewerbtätige Person mindestens 1 PS entfällt, heraus, so ergeben sich für Deutschland nach der letzten Gewerbebezahlung (1895) die Darstellungen Fig. 5, 6, 7. Die Zahlen der Fig. 5 geben die PS, die auf je 100 in den einzelnen Gewerbearten beschäftigten Personen entfallen, die Figur gibt somit ein Bild, in welchem Verhältnis menschliche und maschinelle Arbeitsleistung innerhalb der aufgeführten Gewerbe zueinander stehen.

Die nächste Figur zeigt die Anzahl der Kraftmaschinenbetriebe im vom Hundert der Gesamtbetriebe.



Fig. 6. Anzahl d. Kraftmaschinenbetriebe im vom Hundert d. Gesamtbetriebe. (Deutschland 1895.)

Waren bei diesen beiden Darstellungen die Kraftmaschinen zusammengefaßt, so zeigt Fig. 7, in welchem Umfange sich die einzelnen Gewerbearten der Dampfmaschine bedienen. Der Riesenanteil an der gewerblichen Arbeit fällt der Dampfkraft zu.

Anzahl der Dampfmaschinenbetriebe

Anzahl der Pferdestärken

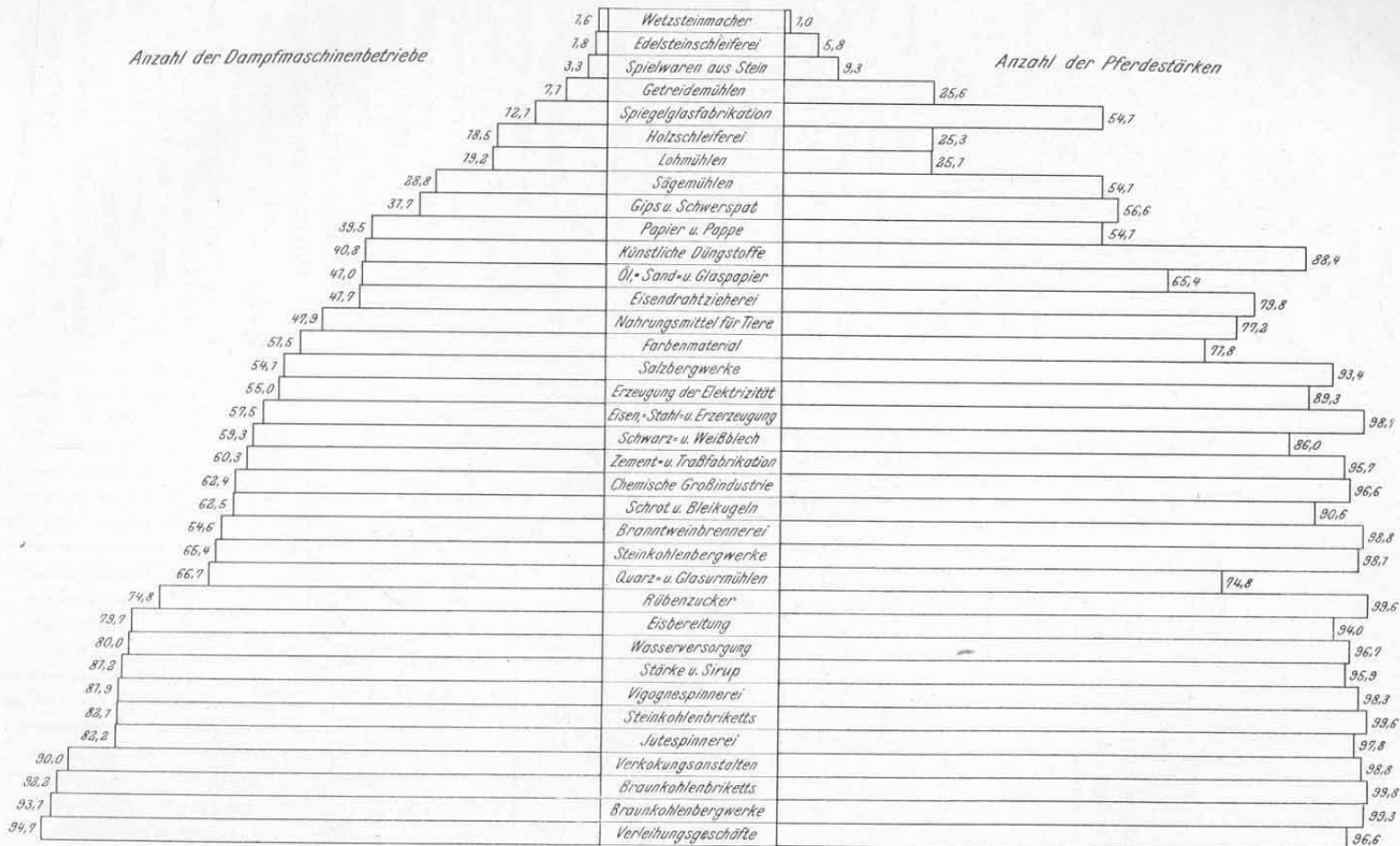
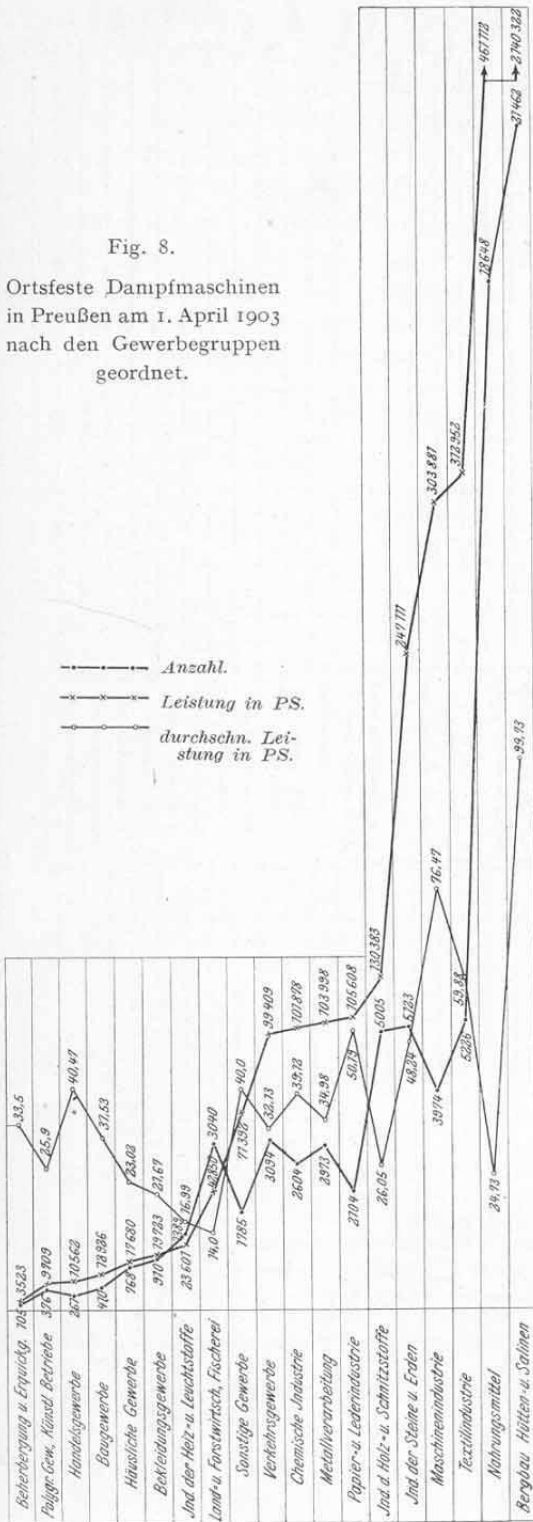


Fig. 7. Anzahl der Dampfmaschinenbetriebe und deren PS im vom Hundert der gesamten Kraftmaschinenbetriebe. (Deutschland 1895.)

Fig. 8.

Ortsfeste Dampfmaschinen
in Preußen am 1. April 1903
nach den Gewerbegruppen
geordnet.



Neuere ausführliche Zahlen liegen für Preußen vor.¹⁾

Fig. 8 läßt erkennen, wie die Bergbau-, Hütten- und Salinenbetriebe allen anderen Gewerbegruppen weit voranstellen. Auch die größten Dampfmaschinen werden in diesen Betrieben beschäftigt; die durchschnittliche Leistung einer Maschine erreicht fast 100 PS, während sie auf die gesamte Leistung aller Gewerbegruppen bezogen rund 55 PS ausmacht. Die gleichen Angaben über Lokomobile macht Fig. 9. Hier steht, was Anzahl und Leistung anbelangt, die Landwirtschaft an erster Stelle.

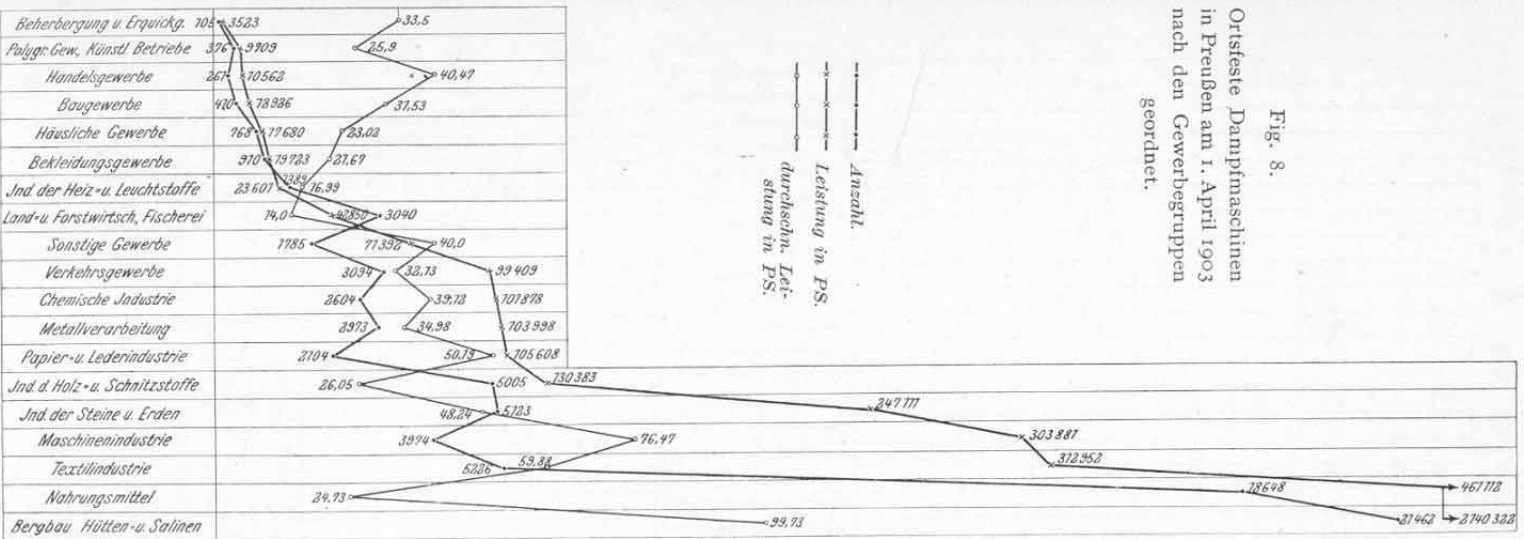
Sehr beachtenswerte Aufschlüsse gibt ferner Fig. 10, aus der die Verteilung der Dampfmaschinen nach verschiedenen Größenklassen auf die einzelnen Gewerbegruppen zu ersehen ist.

Auch hier stehen wieder die Bergbau- und Hüttenbetriebe an hervorragender Stelle. Die meisten großen Maschinen arbeiten in dieser Gruppe. Von den 1306 überhaupt vorhandenen Dampfmaschinen mit mehr

¹⁾ Den vorhergehenden Figuren liegen die Zahlenangaben der Statistik des Reiches 1895, Bd. 119 zugrunde. Als Quelle für die Zahlen der Fig. 8, 9, 10 diente Statist. Korrespondenz d. Königl. stat. Landesamts Berlin 1903, Nr. 48 und 1905, Nr. 12.

Ortstege Dampfmaschinen
in Preußen am 1. April 1903
nach den Gewerbegruppen
geordnet.

Fig. 8.



als 500 PS waren am 1. April 1904 allein 962 im Bergbau und Hüttenwesen tätig. Die meisten kleinen Maschinen hat die Nahrungs- und Genussmittelindustrie aufzuweisen. Im ganzen waren am 1. April 1904 in den Gewerbegruppen Preußens 80321 Dampfmaschinen mit 4,43 Mill. PS tätig.

Fig. 9.

Lokomobilen in Preußen am 1. April 1903 nach den Gewerbegruppen geordnet.

4. Die Einführung d. Dampfmaschine in die Landwirtschaft.

Allgemeines. — Erste Versuche, die Dampfkraft einzuführen. — Lokomobile und Dreschmaschine. — Statistische Angaben über Ausbreitung der Lokomobilen. — Dampfmaschine und Bodenbearbeitung. — Dampfpflug. — Hauptvorteile. — Verbreitung des Dampfpfluges.

Die landwirtschaftlichen Betriebe haben erst in neuerer Zeit in immer größerem Umfange von der Dampfkraft Gebrauch gemacht. Aber auch heute erreicht die Dampfmaschine auf diesem Gebiete noch nicht

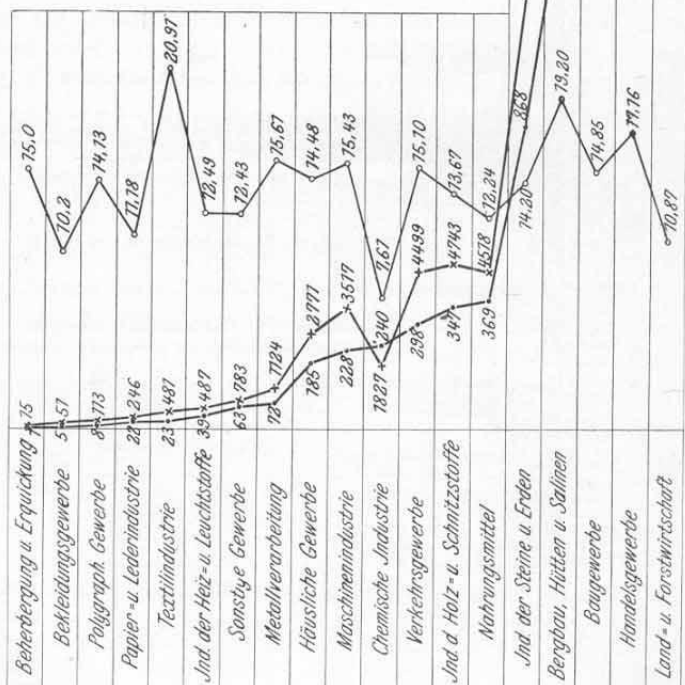
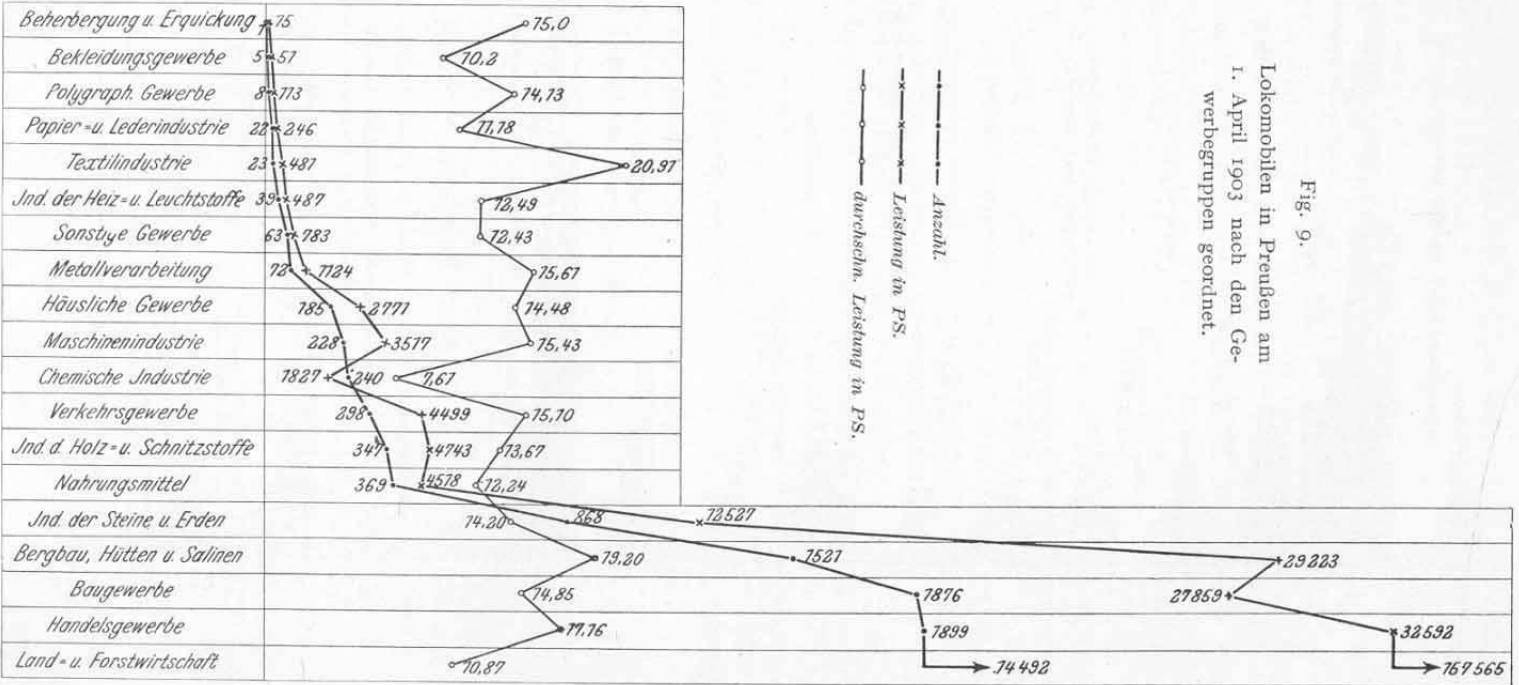


Fig. 9.
Lokomobilen in Preußen am
1. April 1903 nach den Ge-
werbegruppen geordnet.



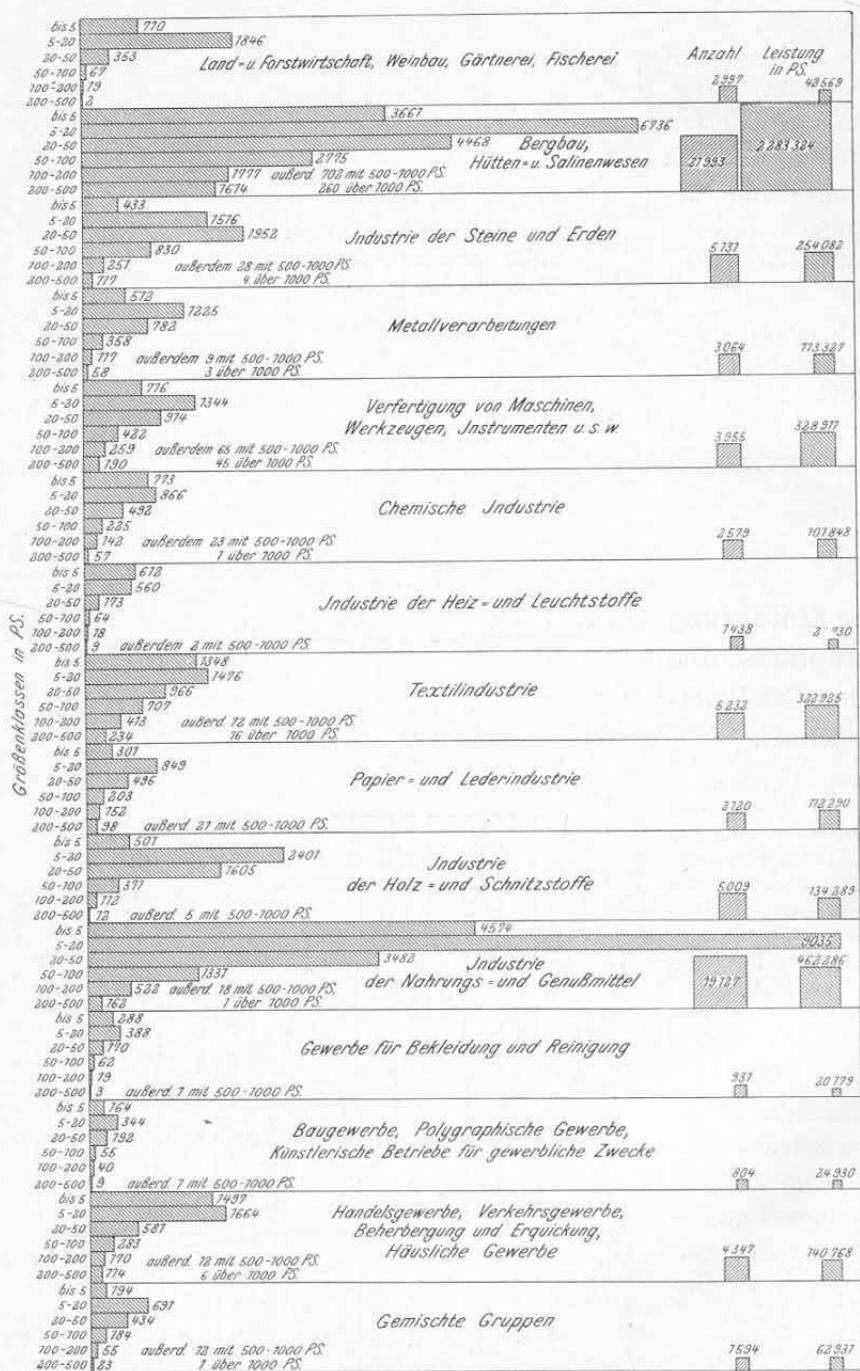


Fig. 10. Anzahl der ortsfesten Dampfmaschinen in Preußen am 1. April 1904, nach Gewerbegruppen und Größenklassen geordnet. (Gesamtzahl und Leistung ist durch die rechtsstehenden Quadrate ausgedrückt.)

entfernt die Bedeutung, die ihr in den rein gewerblichen Betrieben zukommt. Es liegt dies in den Betriebsverhältnissen selbst begründet. In der Industrie lassen sich die Arbeiten meistens an einem Orte vereinigen und gleichmäßig der Zeit nach verteilen; hier ist der Mensch viel mehr Herr der Produktion, die er in den einzelnen Stufen leitet und der Zeit und dem Orte nach mehr zusammenfassen kann. In der Landwirtschaft ist der Mensch abhängig von Umständen, die er gar nicht oder doch nur teilweise in sehr beschränktem Maße zu beeinflussen vermag. Zu den ersten gehören vor allem das Wetter und das Klima, zu den anderen die Bodenbeschaffenheit. Die Zeit der einzelnen Produktionsvorgänge ist hier durch Naturgesetze festgelegt, und in regelmäßiger Aufeinanderfolge müssen die einzelnen Arbeiten vor sich gehen.

Alles dies hat zur Folge, daß die Dampfmaschine hier nicht die gleichen ungeheuren Umwälzungen wie in den gewerblichen Betrieben hervorrufen konnte. Während der Erzeugungsvorgang sich dort den neuen Maschinen anpassen und entsprechend ihrer Leistungsfähigkeit sich immer ergiebiger und intensiver gestalten konnte, mußte sich auf landwirtschaftlichem Gebiete die Maschine den naturgesetzlichen Produktionsstufen fügen, die freie Entwicklung ihrer Leistungsfähigkeit war hierdurch beschränkt.

Trotz alledem ist der Erfolg, den die Dampfmaschine auch auf diesem Gebiete errungen hat, wenn wir ihn für sich allein betrachten und nicht mit der Einwirkung auf die industriellen Betriebe unmittelbar vergleichen, ein höchst bedeutsamer. Auch hier stehen wir noch mitten in der Entwicklung, vielleicht noch gar im Anfange; denn ohne Zweifel ist die Anwendung mechanischer Triebkräfte für landwirtschaftliche Betriebe, verglichen mit den verwendeten tierischen Arbeitskräften, noch sehr gering.

Merkbaren Einfluß auf die landwirtschaftlichen Betriebe hat die Dampfmaschine erst in den 50er und 60er Jahren genommen. Versuche, sie hierfür anzuwenden, reichen allerdings über ein Jahrhundert zurück. Schon in einer englischen Patenturkunde vom Jahre 1618 (17. Jan., P. Nr. 6) ließ sich ein David Ramsey eine Vorrichtung schützen, mit der er die Erde „ohne Pferde oder Ochsen“ durchpflügen wollte. Da derselbe Erfinder sich auch mit der Dampfmaschine beschäftigt hat, so kann man wohl annehmen, daß er auch hier die Dampfkraft zum Pflügen bereits habe anwenden wollen.

Ein anderer Engländer Francis More spricht in seinem Patent vom Jahre 1769 von Maschinen und Vorrichtungen, die er mit Feuer und Wasser oder Luft in Bewegung setzen wollte und die besonders auch für die Landwirtschaft benutzt werden sollten. Das alles aber waren nur Wünsche, Hoffnungen von Erfindern; ein praktisches Bedürfnis, das zur Befriedigung zwang, lag noch nicht vor.

Dem kühnen Pionier der Hochdruckdampfmaschine: Richard Trevithick war es vorbehalten, die Dampfkraft zuerst in den landwirtschaftlichen Betrieb einzuführen, und zwar noch nicht zur Bodenbearbeitung, sondern

vorwiegend zum Antrieb von Dreschmaschinen. Hierfür wurden seine kleinen leichten und billigen Hochdruckdampfmaschinen schon vor fast 100 Jahren mehrfach angewandt, und durch Kostenberechnungen suchte man schon damals auf die großen Vorteile hinzuweisen, die sich durch die Dampfkraft auch auf diesem Gebiete erreichen ließen. Aber es kam anfangs nur zu vereinzelt Ausführungen, die weiter nicht beachtet und bald wieder vergessen wurden. Die Dampfmaschine hatte zuerst dringendere Aufgaben auf anderen Gebieten zu lösen, ehe sie sich der Landwirtschaft, in der man mit den tierischen Betriebskräften meistens noch vollkommen auskam, zuwenden konnte.

Eine landwirtschaftliche Betriebsdampfmaschine, die bestimmt war, größere Bedeutung zu erlangen, begann sich erst in den 40er Jahren in England zu entwickeln. Die Bedingung leichter Ortsveränderung, die von landwirtschaftlicher Seite aus gestellt werden mußte, wenn man die Maschine für verschiedene Arbeiten verwenden wollte, führte zu der Konstruktionsform, die heute in Deutschland mit Lokomobile bezeichnet wird; jahrzehntelang hat England mit diesen Maschinen allein die Welt versorgt.

In der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts war auch die Landwirtschaft gezwungen, mehr und mehr zu intensiverer Wirtschaft überzugehen. Man war genötigt, auch hier genauer rechnen zu lernen, die Betriebskosten zu verringern, die Leistungen zu erhöhen, um den Gewinn zu steigern oder doch auf gleicher Höhe zu erhalten. Die Arbeitskräfte, die früher, besonders so lange ein persönliches Abhängigkeitsverhältnis zwischen dem Herrn und den Bauern bestand, in genügender Anzahl und billig zu haben waren, hörten auf stets zur Verfügung zu stehen. Es kam noch hinzu, daß die Industrie durch bessere Arbeitsbedingungen immer mehr menschliche Arbeitskräfte an sich zog und auch die Landwirtschaft dadurch zwang, mit weniger Menschenkräften auszukommen.

Alle diese Umstände begünstigten die Einführung der Dampfmaschine, den Ersatz der tierischen Kraft durch die Dampfkraft. Hohe Arbeitslöhne waren auch hier die treibende Kraft zu wirtschaftlichem Fortschritt; die Lokomobile wurde immer häufiger im landwirtschaftlichen Betrieb. Nicht nur auf den großen Gütern, die mit erheblichen Geldmitteln zu arbeiten vermochten, führte sie sich ein, sondern auch in dem Mittel- und Kleinbetrieb gelang es ihr, sich weiter auszubreiten, besonders seitdem „Verleihgeschäfte“ es ermöglichten, zu bestimmten Zeiten oft nur auf wenige Tage die Dampfkraft im eigenen Betrieb zu benutzen.

Auch das landwirtschaftliche Genossenschaftswesen förderte die Entwicklung. Maschinelle Einrichtungen, die für den einzelnen zu teuer waren, konnten von einer Vereinigung Vieler zum Nutzen aller Mitglieder abwechselnd benutzt werden. Besonders zum Antrieb der Dreschmaschine fand so die Lokomobile die weiteste Verbreitung. Auf den Höfen der Landwirte oder mitten auf den abgeernteten Feldern sieht man sie heute emsig ihre Arbeit verrichten, und immer seltener hört man das taktmäßige Klappern der

Dreschflegel, das sonst wohl dem Städter zu der Vorstellung vom landwirtschaftlichen Betrieb unentbehrlich schien.

Wie steigerte sich auch hier die Leistungsfähigkeit, verglichen mit der Handarbeit! Eine mittelmäßige Dampfdreschmaschine leistete in 10 Stunden etwa 10000 kg bei einer Bedienung von 20 Mann. Nach anderen Angaben kann man 12000 kg bei etwa 13 Mann Bedienung rechnen. Ein fleißiger Arbeiter aber vermag in 10 Stunden nur etwa 150 kg Getreide zu dreschen. Die Dampfmaschine leistete also, wenn die ersten Angaben zugrunde gelegt werden, für einen Mann Bedienung gerechnet, mehr als das 3fache, d. h. 20 Drescher würden 3000 kg Getreide in 10 Stunden bearbeitet haben, während 20 Mann mit der Dreschmaschine in der gleichen Zeit 10000 kg erzielen. Und dabei arbeitet die Dreschmaschine noch so viel gründlicher, daß gegenüber dem Handbetrieb eine Steigerung des Ertrages von etwa 15 v. H. gerechnet wird. Was die Kosten anbelangt, so erspart die Maschine rund 30 v. H. Um einen Vergleich zu haben zwischen den Kosten des Dreschens von Hand mit Flegel, mit Pferdegöpel und mit der Dampfdreschmaschine, hat man wohl das Verhältnis 1 : 0,8 bis 0,7 : 0,2 aufgestellt, aus denen auch ohne weiteres die bedeutende Kostenersparnis bei Dampfmaschinenbetrieb sich ergibt. Für alle Verhältnisse gültige Zahlen lassen sich selbstverständlich nicht aufstellen; aber in den meisten Fällen, besonders wenn in irgend einer Form die gemeinschaftliche Benutzung einer maschinellen Anlage durch mehrere Teilnehmer sich ermöglichen läßt, wird auch die Kostenersparnis sehr wesentlich mit ins Gewicht fallen.¹⁾

Gehört auch die Dampfdreschmaschine zu den wesentlichsten landwirtschaftlichen Betriebsmaschinen, so ist sie nicht die einzige geblieben. Die Lokomobile ist vielfach auch zum Betrieb von Getreidereinigungsmaschinen und von Maschinen, die der Futterzubereitung dienen, benutzt worden.

Bis in die siebziger Jahre war England der Weltmarkt für Lokomobilen, dann begann der Lokomobilbau auch in Amerika, Deutschland und Frankreich größeren Aufschwung zu nehmen und mit den englischen Erzeugnissen den Wettbewerb im eigenen Lande aufzunehmen, um bald auch in den großen landwirtschaftlichen Betrieben anderer Länder sich Eingang zu verschaffen.

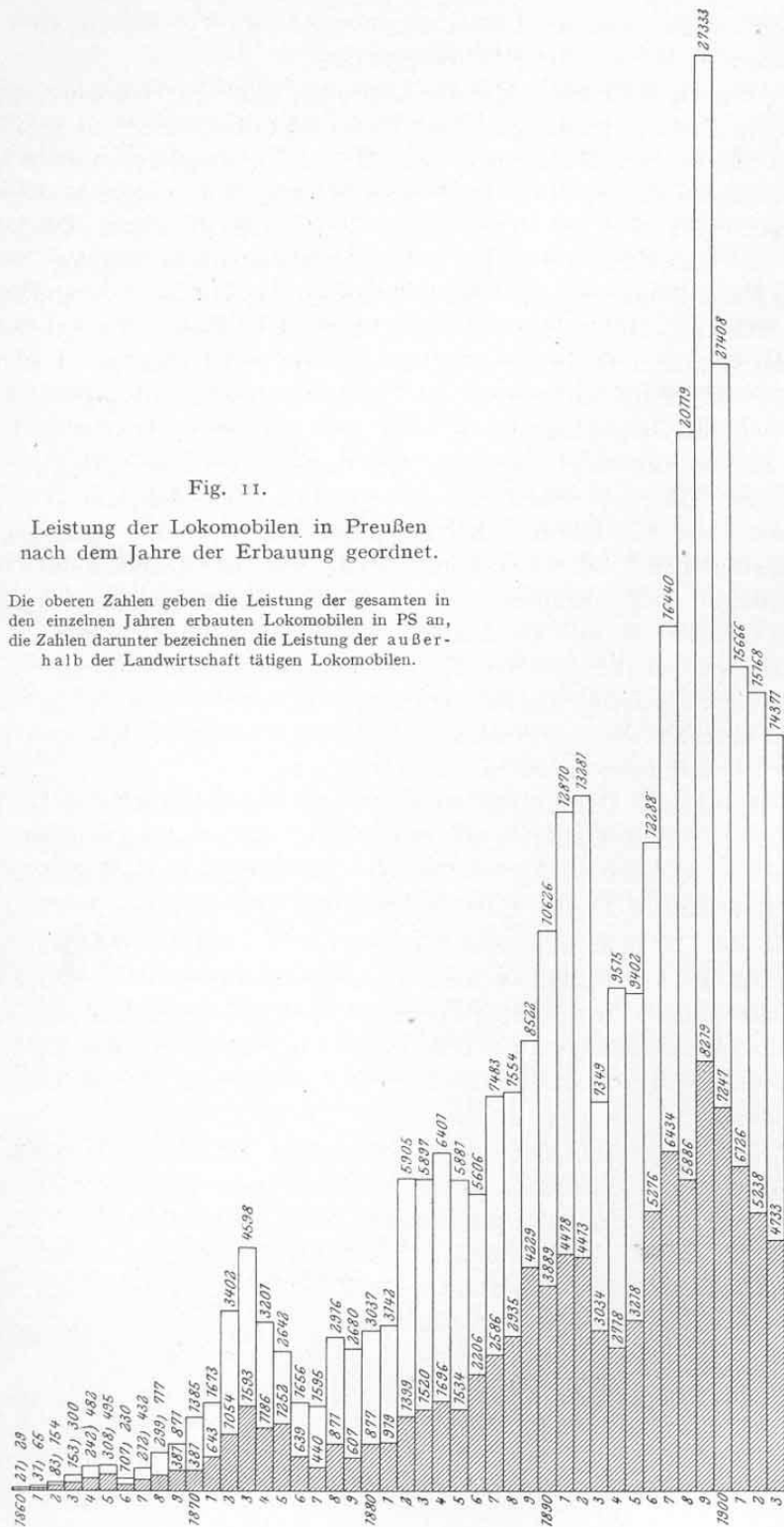
Über die Verbreitung der Lokomobilen in Preußen am 1. April 1904 gibt die statist. Korrespondenz des Königl. preuß. Landesamtes Auskunft (1905, Nr. 12). Die Fig. 11 u. 12 beruhen auf diesen Zahlenangaben. Die Verteilung der Lokomobil-Leistung auf Landwirtschaft und Gewerbebetrieb zeigt Fig. 11. Bemerkenswert ist, wie stark die Zeiten wirtschaftlichen Aufschwunges sich in der Figur hervorheben.

¹⁾ Zahlenangaben sind nebst Quellennachweisungen zu finden in Dr. A. Lang: „Die Maschine in der Landwirtschaft“, Berlin 1904, S. 58. Lang berechnet unter den von ihm gemachten Annahmen eine Ersparnis an Arbeitskosten von 46,4 v. H. bei Ersatz der Handarbeit durch die Dampfdreschmaschine.

Fig. 11.

Leistung der Lokomobilen in Preußen
nach dem Jahre der Erbauung geordnet.

Die oberen Zahlen geben die Leistung der gesamten in den einzelnen Jahren erbauten Lokomobilen in PS an, die Zahlen darunter bezeichnen die Leistung der außerhalb der Landwirtschaft tätigen Lokomobilen.



Im ganzen gab es am 1. April 1904 in Preußen:

23 013 Lokomobilen mit 296 674 PS;

davon kamen 16 470 „ „ 194 049 „ auf die Landwirtschaft,

6 543 „ „ 102 625 „ auf andere Betriebe.

65,4 v. H. der gesamten PS waren somit in der Landwirtschaft tätig.

Ausführlicher stellt die Lokomobilverwendung in Preußens Landwirtschaft noch Fig. 12 dar.

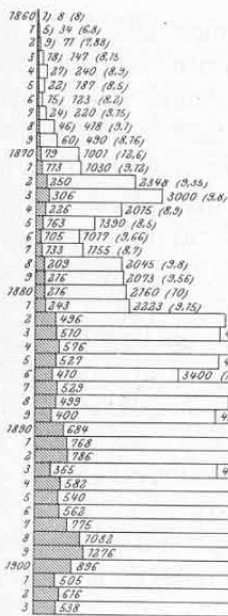


Fig. 12.

Anzahl und Leistung der in den einzelnen Jahren von 1860 bis 1903 für die landwirtschaftlichen Betriebe Preußens erbauten Lokomobilen.

Die Zahlen bedeuten von links nach rechts: Jahr der Erbauung, Anzahl, Leistung PS, durchschn. Leistung PS.

Von 1856 bis 1860 wurden nur drei Lokomobilen mit 20 PS gebaut. Von 50 Maschinen mit 385 PS war das Alter unbekannt.

Die bei weitem größten Kräfte brauchte die Landwirtschaft für die Bodenbearbeitung. Es lag daher nahe, auch hierfür die Dampfkraft anzuwenden, und wie vorher erwähnt, haben Erfinder schon im 17. Jahrhundert die Ausführung dieses Gedankens in Aussicht gestellt. Als man dann anfing, die Dampfmaschine im landwirtschaftlichen Betriebe mehr und mehr zu verwenden, tauchte auch immer wieder der Wunsch auf, sie zur Bodenbearbeitung heranzuziehen. Wie das Pferd den Pflug, so sollte ein Dampfswagen dieses Hauptgerät des Landwirts durch den Acker hinter sich herziehen. Die Erfinder der Dampfmaschinen glaubten deshalb oft, auch den Dampfpflug bereits erfunden zu haben.

Englische Erfinder begannen besonders Ende der vierziger Jahre und in den fünfziger Jahren, sich wieder mit der Lösung dieser Aufgabe zu beschäftigen. Vielseitig und mannigfach waren die Änderungen, die man an der Feld- und Straßenlokomobile vornahm, um sie den außerordentlich schwierigen Betriebsverhältnissen der Bodenbearbeitung anzupassen. Sie mußte auf weichem Boden fahren, sollte leicht umwenden können und in

jedem Wetter zur Arbeit fähig sein. Manche Einrichtung der Lokomotive suchte man unmittelbar auf sie anzuwenden. Um das Einsinken der schweren Maschinen in weichem Boden möglichst zu vermeiden, machte man die Radreifen sehr breit oder ersetzte wohl das Räderpaar durch eine Walze von großem Durchmesser, oder man nahm sehr große Räder. Auch sogenannte Schienenschuhe hat man verwendet, um auf ungebnetem Boden fahren zu können. Ihre Radkränze berührten hierbei nicht den Boden, sondern liefen auf Schienenstücken, welche die Räder umgaben und sich vor dieselben niederlegten.¹⁾

Besonders machte die Lenkbarkeit der Zugmaschine den Erfindern viel zu schaffen. Man suchte sie in mannigfacher Weise zu verbessern, baute Maschinen mit drehbarem Vordergestell oder machte den Antrieb der einzelnen Räder voneinander unabhängig, erzielte aber trotzdem nicht die gewünschten Ergebnisse. Vor allem aber beschäftigte man sich auch mit der eigentlichen Bodenbearbeitungsmaschine, dem Pflug, den man in mannigfachster Weise dem maschinellen Betrieb anzupassen versuchte. Man knüpfte entweder an die bestehenden Pflüge an, baute sie nur kräftiger und leistungsfähiger, oder man ging, wie es anfangs meistens geschah, ganz von der hergebrachten Form ab und suchte auch bei diesem Gerät die Drehbewegung einzuführen, d. h. man brachte die Bodenbearbeitungsvorrichtungen an einer Walze an, die man von der Maschine umdrehen ließ. Zuweilen zog man diese „rotierenden Kultivatoren“ wohl auch durch Tiere, wie einen gewöhnlichen Pflug über die Äcker und ließ durch eine kleine, auf ihnen angebrachte Dampfmaschine die Achse des Ackergerätes drehen. Diese Betriebsart stammt aus Amerika und ist hier in den fünfziger Jahren vielfach, vor allem von dem damals bekannten Erbauer von Dampfplügen Romaine, angewendet worden.²⁾

Auch in den sechziger Jahren waren diese durch Tiere gezogenen „Dampfplüge“ in Amerika noch vielfach im Gebrauch, und ihre große Einfachheit wurde gerühmt. Soviel verschiedene Vorrichtungen man auch erfunden und zum Teil auch betrieben hat, keiner war dauernder Erfolg beschieden.

Auch sogenannte Dampfgrabemaschinen sind erbaut worden, bei denen man das Hacken und Graben durch ähnlich gebaute Geräte, die auf und nieder bewegt wurden, nachzuahmen versuchte.

¹⁾ Zuerst im Jahre 1846 von Boydell angewendet und 1854 weiter verbessert. Die Boydell-Schienenschuhe hat man nicht nur für Dampfplüge, sondern auch z. B. zum Transport schwerer Festungsgeschütze über nachgiebigen Boden und auch bei gewöhnlichen Lastwagen und sogenannten Straßenlokomotiven verwendet.

²⁾ s. auch Perels: „Die Dampfbodenkultur,“ Verhandlungen d. Vereins zur Beförderung des Gewerbfließes in Preußen, Berlin 1861. S. 45 bis 68 und S. 274 bis 294. Außerdem noch Eyth: „Die geschichtliche Entwicklung des Dampfplüges“; s. Wanderbuch eines Ingenieurs, Heidelberg 1886, S. 247 bis 256.

Die vor den Pflug gespannte Lokomotive war nur scheinbar die einfachste Lösung. Sie mußte vor allem an dem Grundfehler scheitern, daß die Maschine, um nur sich selbst auf dem oft weichen, nachgiebigen Boden zu bewegen, einen großen Teil ihrer Kraft verbrauchte. Man kam deshalb sogar auf den Gedanken, ein festes Schienensystem anzuwenden. Dem Engländer Halkett war es vorbehalten, in den fünfziger Jahren diesen fast abenteuerlich klingenden Plan, nicht ohne Beifall von vielen Seiten, zu ersinnen. Halkett plante das ganze Feld mit Schienen in Abständen von 30 bis 60 Fuß voneinander zu durchziehen und entsprechende Querstränge anzubringen. Auf diesem Schienensystem wollte er mit einer durch Dampf betriebenen Plattform, einer Schiebebühne, je nach Wunsch Geräte zur Bodenbearbeitung, zum Betrieb der Mähmaschinen und anderer landwirtschaftlichen Maschinen, auch zum Transport des Düngers oder der Ernterträge, fortbewegen. Durch Kostenberechnung wies der Erfinder eine riesige Ersparnis für sein System nach. Auch von vielen englischen Fachmännern wurde dem Plan eine große Zukunft prophezeit. Man versprach sich eine Umwälzung der ganzen Landwirtschaft. Man sah schon gleich weite Schienenwege sich über das ganze Land längs und quer erstrecken, die zugleich für den Transport zwischen Land und Stadt dienen sollten, und so erschien denn das neue System in einem „erhabenen Lichte“, „indem es aus den engeren Grenzen des Landbaues in das allgemeine Gebiet der Volkswirtschaft hinüber greift.“¹⁾

Die Frage der Ausführbarkeit und vor allem die nötigen ungeheueren Geldmittel zerstörten sehr schnell die hoffnungsfrohen Vorstellungen.

Nicht das direkte Zugsystem, sondern die Anordnung, bei der die Geräte zur Bodenbearbeitung mittels Seilen von einer feststehenden Dampfmaschine aus gezogen werden, löste die Aufgabe.

Schon im Jahre 1832 hatte Heathcote seinen Pflug mittels einer Winde, die von einer feststehenden Maschine betrieben wurde, über das Feld gezogen. Andere Erfinder folgten, bis schließlich die großen englischen Ingenieure John Fowler, Smith und Howard durch ihre Konstruktionen die Dampfmaschine in größtem Umfange in das Gebiet der Bodenbearbeitung einführten. Das Drahtseil war hierfür ein notwendiges, nicht entbehrliches Mittel.

John Fowler, dessen Name in der Geschichte des Dampfpfluges an erster Stelle genannt zu werden verdient, begann schon 1848 sich mit dem Bau landwirtschaftlicher Geräte, von Pflügen usw. zu beschäftigen. Anfangs ließ er seinen Drainierpflug durch eine von Pferden betriebene Winde über das Feld ziehen, dann wurden aber bald die Pferde durch eine Lokomotive und das Hanfseil, das er zuerst anwandte, durch ein Drahtseil er-

¹⁾ Ähnliche Zukunftsgedanken hat auch in unserer Zeit wieder die Ausbreitung der elektrischen Kraftverteilung, besonders die Straßenbahnen für den landwirtschaftlichen Betrieb geweckt.

setzt. Die gleichen Vorrichtungen dienten auch für die ersten eigentlichen Dampfplüge. Nach vielen Versuchen entwickelte sich hieraus in der zweiten Hälfte der fünfziger Jahre schließlich die Fowlersche Klappen-Trommel (Clip-drum).¹⁾

Hierbei stand auf der einen Seite des zu bearbeitenden Landes die eine Lokomobile, die auch sich selbst fortbewegen konnte, ein ebenfalls selbstbeweglicher Anker auf der anderen. Ein endloses Drahtseil, das sich über zwei wagerechte Seilscheiben legte, diente zur Kraftübertragung. Der Balancierpflug wurde in dieser Weise zwischen Anker und Maschine hin und hergezogen, während sich beide entsprechend langsam fortbewegten.

Fast zu gleicher Zeit entwickelte sich auch das sogenannte Umkreisungssystem, das besonders von Allen, Smith und später von Howard ausgebildet wurde.

Sehr günstig für die Einführung dieser Anordnung war der Umstand, daß hierbei eine gewöhnliche Lokomobile, die an einer Ecke des Feldes stehen bleiben konnte, zu verwenden war. Zwei auf einem besonderen Wagen angeordnete Windetrommeln wurden durch sie in Tätigkeit gesetzt; das ganze Feld umspannte ein Seil.²⁾

Von 1862 an verwandte Fowler zwei Maschinen. Hier zogen zwei einfache mit wagerechten Windetrommeln versehene Straßenlokomobilen den Pflug hin und her. Anfangs hielt man es für unmöglich, daß diese Anordnung der hohen Kosten wegen sich einführen könne. Aber sie erwies sich so einfach in der Bedienung, ließ sich den Betriebsanforderungen so gut anpassen, daß sie wider Erwarten sich schnell verbreitete. Vor allem gelang es erst mit ihrer Hilfe in den tropischen Ländern den Dampfplug in großem Maßstabe zu verwenden.

Auch viele andere Anordnungen sind noch entstanden, ohne jedoch Verbreitung zu finden. Auch den Pflug selbst suchte man immer wieder von neuem zu verändern. Die verschiedensten Geräte wurden für Bodenbearbeitung erdnen und ausgeführt, um gewöhnlich nach kurzer Zeit wieder zu verschwinden. Fowlers Balancierpflug blieb für die gewöhnliche Tiefkultur der wichtigste.

Auch in England, dem Lande der Maschinen, führte sich der Dampfplug durchaus nicht so rasch ein, als man wohl annehmen sollte. Der Landwirt hing dort ebenso zäh an alten Betriebsweisen wie anderwärts, und nur der Ausdauer der Männer, die von der Bedeutung der Dampfmaschine für die Landwirtschaft überzeugt waren, ist es zu verdanken, daß auch diese Widerstände mehr und mehr beseitigt wurden.

Den Hauptpunkt bildete die Kostenfrage. Die Anlagekosten waren sehr hoch für einen landwirtschaftlichen Betrieb, der noch nicht gewöhnt war, mit so hohen Geldmitteln wie die Industrie zu arbeiten. Man wartete

¹⁾ Kurze Beschreibung s. Eyth, Wanderbuch eines Ingenieurs, S. 248.

²⁾ Ausführl. Beschreibung s. auch Perels Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gew. 1861, S. 61.

deshalb, daß der Dampfpflug billiger werde; statt dessen aber wurde er immer teurer. Um das Jahr 1850 kostete der beste Dampfpflug, d. h. eine Straßenlokomotive, die den Kultivator hinter sich her über das Feld zog, etwa 7 bis 8000 M. In der Mitte der fünfziger Jahre waren Fowlersche oder Howardsche Dampfpflüge für 10 bis 12000 M. zu erhalten, und 1860 kosteten die besten Fowlerschen Maschinen bereits etwa 18000 M. Für die ersten kleineren Doppelmaschinen mußte man 1863 schon 24000 M. bezahlen und einige Jahre später sogar 27 bis 30000 M. 1870 kostete dann der beste Dampfpflug mit Maschine von 20 PS und allem Zubehör 29 bis 32000 M. und heute liegen die Preise für größere Dampfpflugeinrichtungen zwischen 50- und 70000 M. Die Ursache dieser Preissteigerung liegt in der vergrößerten Leistungsfähigkeit. Es ging der Dampfmaschine hier auf diesem Gebiete wie auf allen anderen: hatte man erst eine Kraft zur Verfügung, so suchte man sie immer weiter auszunutzen. Die Ansprüche an die Leistungsfähigkeit stiegen. Es kam hinzu, daß auch hier die größeren Anlagen verhältnismäßig billiger wurden, was auch den Übergang zu immer größeren Einheiten begünstigte.

Sollte es aber gerechtfertigt sein, so große Geldmittel festzulegen, so mußte allerdings die Frage der Wirtschaftlichkeit sehr günstig beantwortet werden. Anfangs wurde allgemein darüber gestritten, ob denn wirklich das Dampfpflügen billiger sei als das Pflügen mit Pferden. Zunächst war es sehr schwierig, die genauen Kosten der Bodenbearbeitung durch Zugtiere festzulegen, da diese ja nicht ausschließlich hierfür dienten, sondern auch andere Arbeiten zu verrichten hatten. Dann aber war es nicht nur notwendig, den Dampfpflug dem landwirtschaftlichen Betrieb anzupassen, sondern auch die Bewirtschaftung mußte sich den durch den Dampfpflug ermöglichten Verhältnissen anzubequemen suchen, erst dann war die günstigste Bedingung gegeben, erst dann konnte man Dampf- und Pferdepflug gegenseitig richtig bewerten. Das alles ließ sich nicht theoretisch erledigen, der Dampfpflug mußte praktisch, durch die Ergebnisse seiner Arbeit, den Landwirt zu überzeugen suchen.

Hier erwarb sich die englische königliche Landwirtschafts-Gesellschaft große Verdienste. Sie ließ die jahrelangen Erfahrungen auf mehreren hundert Gütern in den sechziger Jahren zusammenstellen und veröffentlichen; damit waren zahlenmäßig die großen Vorteile erwiesen.

Die Hauptvorteile des Dampfpfluges zeigten sich besonders da, wo große Bodenflächen in kurzer Zeit zu bearbeiten waren. Der Dampfbetrieb ermöglichte auch erst eine Tiefkultur, die wesentlich billiger wurde als mit Zugtieren. Die Dampfkraft machte auch den Menschen insofern von ungewöhnlichen Witterungsverhältnissen unabhängiger, als der tiefgelockerte Boden viel mehr Feuchtigkeit aufnehmen und dann wieder in trockener Zeit abgeben kann. Gerade durch diese außerordentlich gründliche Bodenbearbeitung hat die Dampfmaschine auch sehr wesentlich die Erträge ge-

steigert; besonders bei den Pflanzen, die, wie z. B. die Zuckerrübe, sehr tief wurzeln.

Auf einigen großen Gütern Österreichs, über die besonders sorgfältige Versuche vorliegen, haben die Erträge durch Einführung der Dampfkultur bei Weizen um 323 kg, bei Gerste um 500 und bei Zuckerrüben um 4600 kg für den Hektar zugenommen. Auf vielen anderen Gütern ließen sich gleichfalls Ertragssteigerungen von 10 bis 30 v. H. nach Einführung der Dampfkultur nachweisen.

Neben diesen Vorteilen kommt die große Zeitersparnis oft sehr in Betracht. Der Dampfpflug leistet an einem Tage, wenn es sich um tiefergehende Bodenbearbeitung handelt, etwa 16mal soviel als ein durch vier Zugtiere bespannter Pflug. Diese Mehrleistung ermöglicht es, die Feldarbeit auf sehr kurze Zeit zusammenzudrängen. Eine ganze Anzahl von Zugtieren wird entbehrlich. Auch hier hat also die Dampfmaschine sowohl durch die Güte als die Menge ihrer Arbeit einen großen Vorsprung vor den tierischen Betriebskräften, die sie in immer größerem Umfange zu ersetzen berufen ist.

Trotz der großen Vorteile schienen aber doch die hohen Anlagekosten den Dampfpflug nur für größte Güter möglich zu machen, und auch da anfangs nur in den Ländern, wo der Landwirtschaft schon große Geldmittel zur Verfügung standen, das war besonders in England. Man versuchte auch die Vorteile des Dampfpfluges sich auf genossenschaftlichem Wege zu verschaffen oder das Verleihen eines Dampfpfluges zu einem besonderen Geschäft auszubilden. Dieses Mietpflügen hat sehr viel zur allgemeinen Einführung des Dampfpfluges beigetragen.

Schon 1861 versuchte man in England, das Mietpflügen einzuführen, aber ohne Erfolg. Ein Jahr später versuchte man es wieder mit dem Doppelapparat, aber auch dann dauerte es noch Jahre, ehe der Erfolg sich einstellte. Erst Ende der sechziger Jahre entwickelte sich auch dieses Geschäft in glänzender Weise. 1870 waren in England schon hunderte von Dampfpflügen den Landwirten mietweise zugänglich. Es bildeten sich hierfür Gesellschaften, von denen die größten zehn Apparate im Betrieb hatten. Um die gleiche Zeit waren bereits gegen 2000 Dampfpflüge in Großbritannien im Betrieb, und von England aus eroberte sich der Dampfpflug die Welt.¹⁾

Der Welthandel Englands bot eine günstige Gelegenheit, den Dampfpflug in die überseeischen Länder einzuführen. Namentlich hat er in den heißen Ländern, wo die Leistungsfähigkeit tierischer Kräfte durch das Klima sehr beeinträchtigt werden, Eingang gefunden. So haben die Zuckerplantagen in Westindien schon seit den sechziger Jahren den Dampfpflug verwendet und auf Kuba hat schon damals die durch das Dampfpflügen ermöglichte tiefere Bodenkultur Ertragssteigerungen von 30 bis 40 v. H. ergeben. In den Süd

¹⁾ s. Max Eyth, Wanderbuch eines Ingenieurs.

staaten der Vereinigten Staaten von Nordamerika, in den Zucker- und Baumwoll-Plantagen, wurde, besonders seitdem die Sklaverei aufgehoben, das Bedürfnis an Maschinen immer dringender, hier wurden Ende der sechziger Jahre Dampfplüge von England aus eingeführt.

In der gleichen Zeit kam auch der Dampfflug nach Südamerika, nach Argentinien und Peru; in Europa hatte Spanien in den sechziger Jahren schon eine Anzahl Apparate in Betrieb, und in Frankreich ging Napoleon auf seinen Domänen mit der Dampfkultur voran. In Algier suchte die französische Regierung die Einführung des Dampfpluges wesentlich zu fördern. In Ungarn und Österreich begann das Dampfplügen in größerem Umfange erst in den siebziger Jahren, wogegen Rußland schon früher im Norden und auch im Süden eine größere Anzahl von Dampfflugapparaten in Verwendung hatte. Ebenso hatte sich der Dampfflug schon bis 1870 in Kleinasien und in der Türkei eingeführt. Vor allem aber war es Ägypten, das sich den amerikanischen Krieg zunutze machte und mit großem Eifer seine Baumwollkultur mit Hilfe der Dampfmaschine ertragsfähig zu machen versuchte. 1870 befanden sich etwa 500 Dampfflugapparate im alten Pharaonenlande, von denen man allerdings, wie Max Eyth erzählt, etwa 300 bald wieder beiseite gestellt oder anderweitig verwendet hatte. Auch in Indien und Australien hatte der Dampfflug schon in den sechziger Jahren in größerem Umfange Eingang gefunden. In Deutschland waren anfangs die Fortschritte sehr langsam, aber auch hier gelang es schließlich, die Vorteile des Dampfpluges nachzuweisen, und heute hat er sich auch hier Bahn gebrochen. Der Zuckerrübenbau konnte ihn nicht entbehren, auch sonst wurde er bald mit großem Vorteil für alle die Arbeiten angewendet, für die tierische Kräfte nicht ausreichten oder zu teuer waren.

Das größte Verdienst um Einführung des Dampfpluges hat der englische Ingenieur und Fabrikant John Fowler, dessen Werkstatt schon 1870 ausschließlich für die Fabrikation von Dampfplügen über 1000 Arbeiter beschäftigte. 1870 gingen in der Woche durchschnittlich 4 bis 5, während der Herbstmonate 5 bis 6 Dampfplüge aus seinen Werkstätten hervor.

Die Geschichte der Einführung dieser Dampfplüge schildert höchst interessant und anschaulich Max Eyth in seinem Wanderbuch eines Ingenieurs. Hier kann man von einem, der dabei gewesen ist, und nicht nur dabei, sondern voran an leitender Stelle gestanden hat, sich wieder erzählen lassen, daß die Aufgabe des Ingenieurs nicht am Zeichentisch, auch nicht mit Ablieferung aus der Werkstatt beendet ist, sondern daß zum Erfolg noch eine bedeutsame große Arbeit gehört: die gebauten Maschinen dem praktischen Betriebe anzupassen. Hier hieß es nicht nur Ingenieur, sondern gleichzeitig auch Landwirt zu sein. Das Wort Jonathan Swifts: „Der Mann, welcher bewirkt, daß da zwei Ähren wachsen, wo vorher nur eine gediehen ist, hat seinem Vaterlande mehr genützt als ein Feldherr, der 100 Schlachten gewonnen hat“, gilt vor allem auch den Männern, die wie

John Fowler und Max Eyth in unablässigem Bemühen die Dampfkraft auf die Bodenbearbeitung angewendet haben.

Wie sich 1882 und 1895 in der deutschen Landwirtschaft die Dampfkraft auf die verschiedenen Größenklassen der Betriebe verteilte, zeigen die folgenden Zahlen:¹⁾

Es wurden verwendet in Betrieben von	Dampfpflüge		Zunahme seit 1882 v. H.	Dampfmaschinen		Zunahme seit 1882 v. H.
	1882	1895		1882	1895	
unter 2 ha	3	4	33	4211	35066	733
2 bis 5 ha	7	25	257	10279	52830	414
5 bis 20 ha	24	65	171	34863	109348	214
20 bis 100 ha	92	277	201	17960	46778	160
über 100 ha	710	1325	87	8377	15342	83

5. Die Dampfmaschine im Dienste allgemeiner Wohlfahrt.

Die Dampfmaschine war aber nicht nur berufen, in den verschiedenen Fabrikationsgebieten einzelne Unternehmer zu unterstützen, sie machte es auch möglich, zum Nutzen der Allgemeinheit große, gewaltige Anlagen zu schaffen, wie wir sie heute unter anderem in den Wasserwerken und in den elektrischen Kraftanlagen der Städte haben. Die Dampfmaschine hat dann ferner im großen Umfange die Vornahme öffentlicher Arbeiten erleichtert oder möglich gemacht; sie hat als Dampfstraßenwalze den Wege- und Straßenbau wesentlich verbessert; in Form des Dampfbaggers hat sie Flüsse schiffbar gemacht, Kanäle gebaut, Häfen vor dem Versanden gerettet und neue Häfen für die immer größer werdenden Schiffe geschaffen.

Welch ungeheure Leistungen heute ein einziger Dampfbagger vollbringen kann, zeigt der neueste, von Schichau erbaute Riesenbagger für Wilhelmshaven. Dieser im vorigen Jahre in Betrieb genommene Bagger ist mit seinen 80 m Länge und 14,5 m Breite heute der größte Bagger der Welt. Von ihm wurde eine Leistung von 3600 cbm in der Stunde in weichem Boden verlangt; er leistete 5000. Da er es statt auf 8 Knoten Fahrgeschwindigkeit auf 10 Knoten brachte, so erhöhte er auch hierdurch ganz bedeutend seine Leistungsfähigkeit. Der Bagger vermag im Tage 24000 cbm Boden zu fördern und auch abzufahren. In einem Jahre, zu 250 Arbeitstagen gerechnet, würde er also 6 Mill. cbm Boden beseitigen — in jeder Minute 83,33 cbm. 1 cbm geförderter Boden stellt sich, Verzinsung und Abschreibung des Baggers mit eingerechnet, auf kaum 3 Pf., während man früher bei Baggararbeiten in den Häfen den Kubikmeter durchschnittlich zu 50 Pf. veranschlagte.²⁾

¹⁾ Die soziale Bedeutung der Maschinen in der Landwirtschaft von G. Fischer. Staats-sozialw. Forsch. Schmoller, Bd. 20, Heft 5.

²⁾ s. Prof. Dr. E. M., Frankf. Ztg. vom 9. Febr. 1905.

Die Dampfmaschine hat dann ferner als Dampftramme die Pfähle für große Wasserbauten in den Boden geschlagen. Sie hat von sumpfigen Ländern das Wasser entfernt, ja ganze Provinzen dem Meere wieder entrissen.

So erstreckt sich die Arbeit der Dampfmaschine auf jedes Gebiet menschlicher Tätigkeit; nur kurz sei, mit Hilfe einiger Zahlen, die Bedeutung der Dampfmaschine für einige dieser Gebiete näher nachgewiesen.

Einschneidende Bedeutung hat die Dampfmaschine in erster Linie auf dem Gebiete der Wasserversorgung unserer Städte gewonnen, wovon vor ihr noch wenig zu sagen war, denn nur wenige Gemeinden waren durch die Natur so begünstigt, daß sie frisches fließendes Quellwasser allerorts zur Verfügung hatten. Die Londoner Wasserwerke waren die ersten ihrer Art, die ersten auch, die von der Savery-Maschine an, alle Entwicklungsstufen der Dampfmaschine in ihren Betriebsmaschinen erkennen lassen. Und doch wurde noch 1828 geklagt, es sei reines und trinkbares Wasser nicht genügend vorhanden. Die Pest werde erst über London kommen müssen, ehe die Behörde für Abhilfe sorgen werde.

In Frankreich hatte man schon 1765 Vorschläge für eine gemeinsame Wasserversorgung gemacht. 1781 konnte das erste Wasserwerk mit Dampfmaschinenbetrieb in Paris in Betrieb gesetzt werden.

Aber damit waren doch erst sehr bescheidene Ansprüche an eine Wasserversorgung befriedigt. Die Zeit verlangte bald mehr, und es war Arago, der berühmte französische Gelehrte, der 1846 in der Deputiertenkammer den Antrag auf eine Wasserversorgung im heutigen Sinne lebhaft unterstützte. „Wenn Sie“, sprach er, „billiges Wasser in das Haus des armen Mannes leiten, wenn Sie es bis zu den oberen Stockwerken, wo er wohnt und leidet, hinauffördern, so werden Sie der Pariser Bevölkerung einen ungeheuren bedeutsamen Dienst erwiesen haben, vor allem einem Teil dieser Bevölkerung, der ganz besonders auf Ihr Interesse Anspruch hat.“ Und im weiteren Verlauf seiner Rede führte er dann aus: daß selbst die Krankenhäuser nicht genügend Wasser für ihre Bedürfnisse zur Verfügung hätten. Einige könnten nicht einmal ihren Kranken die Bäder, die der Arzt verordnete, zukommen lassen, weil das Wasser fehle.¹⁾

In Deutschland bestand im 18. Jahrhundert die Wasserversorgung der Städte noch größtenteils aus einfachen Brunnen von jener unvollkommenen Bauart, die heute selbst auf Dörfern fast nicht mehr zu finden ist. Meistens waren es offene Ziehbrunnen, in die an Seilen oder eisernen Ketten Kübel hinuntergelassen wurden. Um Forderungen der Gesundheitspflege kümmerte man sich noch nicht. So ließen sich Krankheiten oft auf schlechtes Trinkwasser zurückführen. Die Reinlichkeit kam auch sehr zu kurz.

Besonders verhängnisvoll wurde die Schwierigkeit, Wasser zu beschaffen, oder gar der Wassermangel bei Feuersgefahr. Hamburg hat 1842 durch den großen Brand erfahren, welch ungeheure Verluste durch Feuersgefahr

¹⁾ s. Armengaud, Publ. industr., Bd. 12. S. 118.

noch möglich waren, wenn nicht überall Wasser zum Löschen vorhanden ist. Auch das Bedürfnis nach gutem Trinkwasser konnten die kleinen privaten Wasserwerke, die in Hamburg an der Alster lagen, nicht mehr befriedigen. Eine eigene Wasserleitung im Hause zu haben, galt damals noch für Luxus, den sich in Hamburg nur die Reichen gestatten konnten. Außer einem hohen jährlichen Beitrag mußte ein Eintrittsgeld bis zu 500 M. für den Anschluß an die Wasserleitung bezahlt werden.¹⁾

Wer diese Preise nicht zahlen wollte oder konnte, war darauf angewiesen, sich an öffentlichen Verkaufsbrunnen schlechtes Wasser für teures Geld zu kaufen. Das wurde erst anders, als Hamburg dem Beispiel Londons folgte und zuerst englische Dampfmaschinen zum Betrieb größerer Wasserversorgungsanlagen erwarb. Für den achten Teil des früheren Preises, der an den öffentlichen Verkaufsbrunnen bezahlt werden mußte, lieferte jetzt die Stadt ihren Bewohnern besseres Wasser und führte es bis zu den obersten Stockwerken hinauf in Küche, Badezimmer und Klosett. Dem Beispiele Hamburgs folgten bald Magdeburg, Braunschweig und andere Städte Deutschlands; aber dies waren in der ersten Hälfte des Jahrhunderts immer noch Ausnahmen, es waren Sehenswürdigkeiten einiger reicher, großer Gemeinwesen. Erst unsere Zeit hat die Wasserwerke zu einer allgemeinen und fast selbstverständlichen Einrichtung gemacht und weiter ausgestaltet, so daß wir heute uns kaum noch Zeiten vorstellen können, in denen eine Wasserleitung nicht allen und nicht überall zu Gebote stand, und doch liegt kaum ein halbes Jahrhundert dazwischen.

Wie bedeutend ist die Leistung der Dampfmaschine auch auf diesem Gebiet! Im Jahre 1903 führten 439 Dampfmaschinen 100 Städten Deutschlands mit über $10\frac{1}{2}$ Mill. Einwohnern fast 400 Mill. cbm Wasser zu. Das entspricht einer sekundlichen Wassermenge von etwa 13 cbm, also soviel wie die Spree bei ihrem Eintritt in den Spreewald bei mittlerem Wasserstand oder in Berlin bei niedrigem Wasserstand mit sich führt. Die gesamte Leistungsfähigkeit aller Dampfmaschinen dieser 100 städtischen Wasserwerke betrug rund 47,4 cbm in der Sekunde. Das würde etwa der Wassermenge der Elbe bei Tetschen bei niedrigem Wasserstand entsprechen, die 47 cbm sekundlich enthält, oder dem Neckar bei Heilbronn bei M.-W. Die Oder bei Breslau hat eine Wassermenge von rund 49 cbm, sek. Für den Betrieb dieser Dampfmaschinen wurden im Jahr 1903 in diesen 100 Städten über 206 000 t Kohlen verbraucht.

Wenn heute die großen Epidemien vergangener Jahrhunderte uns unbekannt sind, wenn die Sterblichkeit in den großen Städten sich stetig verringert, das durchschnittliche Alter der Menschen wächst, so hat daran die Dampfmaschine der großen städtischen Wasserversorgungsanlagen bedeutsam mitgewirkt. Ihre Erbauer haben sich die Segensprüche der in-

¹⁾ s. Fölsche, Die Stadtwasserkunst in Hamburg. Hamburg 1851.

dischen heiligen Schriften verdient, die denen, die Brunnen erbauen und Wasserwerke einrichten, ewige Seligkeit im Paradiese versprechen.

Neben den städtischen Wasserwerken hat unsere Zeit große Kraftanlagen zur Erzeugung des elektrischen Stromes aus dem Boden wachsen sehen. Auch hier hat sich die Dampfmaschine eine herrschende Stellung erobert. Und noch kann keine Rede davon sein, daß ein elektrisches Zeitalter die Dampfmaschine verdrängt habe, im Gegenteil, so lange an den Enden aller der Leitungsdrähte noch immer Dampfmaschinen laufen müssen, um den elektrischen Strom zu erzeugen, hat hier die Dampfmaschine nur ein neues riesiges Anwendungsgebiet, einen großen Ansporn zur weiteren Entwicklung erhalten.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika gab es am 1. Juli 1902 bereits 3620 Elektrizitätswerke, davon hatten

62,4 v. H. Leistungen der Dynamomaschinen unter 200 PS,

23,9 „ „ gehörten zur Größenklasse von 200 bis 500 PS.

In 78,5 „ „ dieser Werke wurden Dampfmaschinen,

in 21,5 „ „ Wasserturbinen benutzt.

Zahl und Leistung dieser Kraftmaschinen verteilten sich auf drei Größenklassen der Werke wie folgt:

Maschinen für je	Dampfmaschinen		Turbinen	
	Zahl	PS	Zahl	PS
500 PS und darunter	5 451	849 336	1 187	173 903
500 bis 999 PS	278	193 570	90	57 816
1000 PS und darüber	201	337 035	113	206 753
Zusammen:	5 930	1 379 941	1 390	438 472

Außerdem werden noch 165 Gasmotoren mit 12 181 PS Gesamtleistung aufgeführt. Die Gesamtkosten des verbrauchten Brennstoffes betragen für das Jahr 49,5 Mill. Mark, hiervon kamen auf Kohlen 85,9 v. H.

In Deutschland gab es am 1. April 1903 939 Elektrizitätswerke in 906 Ortschaften. Die verschiedenen Arten der Betriebskraft verteilten sich wie folgt auf diese Werke:

Dampf	in 552 Werken mit	316 235 KW.-Gesamtleistung
Wasser	„ 98 „ „	24 851 „
Gas	„ 61 „ „	6 378 „
Wind	„ 1 „ „	220 „
Wasser und Dampf	„ 196 „ „	41 861 „
Gas und Dampf	„ 4 „ „	2 143 „
Elektrizität von einem anderen Werk und Dampf	„ 4 „ „	1 953 „
Andere gemischte Betriebe	„ 23 „ „	1 779 „

939 Werke mit 395 420 KW.-Gesamtleistung.

¹⁾ s. Elektrot. Zeitschr. 1904, S. 51.

Die Dampfmaschine steht, die Gesamtleistung in Kilowatt berücksichtigt, mit 80 v. H. weit allen anderen voran. Wie schnell diese Entwicklung sich vollzogen hat, zeigt die Tatsache, daß von diesen 939 Elektrizitätswerken allein 528 in den Jahren 1897 bis 1900 einschl. gebaut wurden. Ende 1888 waren erst 15 Werke in Betrieb.¹⁾ Die graphische Darstellung, Fig. 13, zeigt die steigende Benutzung der Dampfmaschine zur Erzeugung des elektrischen Stromes in Preußen.²⁾

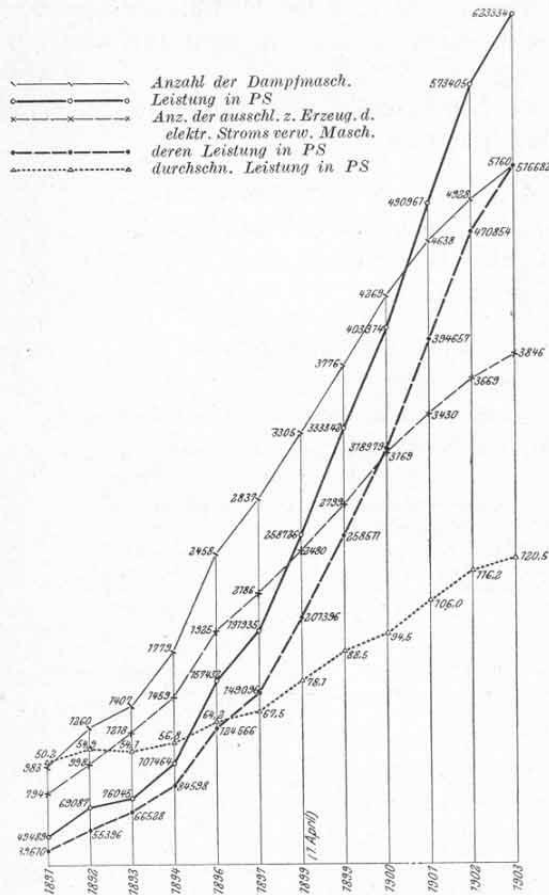


Fig. 13. Dampfmaschine zur Erzeugung des elektr. Stromes in Preußen von 1891 bis 1. April 1903.

Die Leistung steigt auch hier wesentlich schneller, als die Anzahl, d. h. die Maschinen-einheiten werden immer größer.

Die Geschichte der Trockenlegung des Harlemer Meeres gibt ein glänzendes Beispiel, in welcher großartiger Weise die Dampfmaschine in friedlicher Zeit neues Land dem Menschen zu erobern vermag. Nirgends drängt sich die Wirkung der Dampfmaschine auf kürzere Zeit zusammen, nirgends wird die Kulturaufgabe der Dampfmaschine so klar gezeigt.³⁾

Noch in der Mitte des 16. Jahrhunderts waren statt des späteren großen Harlemer Meeres nur vier kleine Seen vorhanden. Drei Dörfer erhoben sich an den Ufern dieser Seen, die im ganzen einen Flächeninhalt von 6000 ha hatten. 1591 war schon eins von diesen Dörfern verschwunden. Im Jahre 1647 waren auch die beiden anderen untergegangen und die drei kleinen Seen hatten sich zu einem einzigen, dem Harlemer Meer, vereinigt. Und immer weiter griff das Meer allmählich nach allen Richtungen hin um sich,

¹⁾ s. Elektrot. Z. 1903, S. 1078.

²⁾ Zahlen s. statist. Korresp., Berlin 1902, Nr. 45 und 1903.

³⁾ Die Geschichte der Austrocknung wird sehr ausführlich behandelt in der Allgemeinen Bauzeitung, Förster, 30. Jahrgang, Wien 1865, S. 238.

besonders gegen Norden und Nordwesten. Große Geldmittel mußten aufgewendet werden, um die weiteren Fortschritte des Meeres zu verhindern. Alljährlich wurden 30 bis 40000 Gulden allein für Schutzbauten verausgabt. Mit jedem Jahre stiegen die Summen. In den letzten drei Jahrhunderten war der See dreimal so groß geworden, über 18000 ha Fläche bedeckte er. Jeder Sturm verursachte wieder neue Beschädigungen. Mit elementarer Heftigkeit bedrängten die Wogen die Schutzbauten, und nicht immer vermochten diese der Brandung des tobenden Meeres Trotz zu bieten. So bildete der See ein für die anstoßenden Länder stets gefährliches Binnenmeer, dessen Ausbreitung nur mit wachsenden Kosten notdürftig verhindert werden konnte.

Der Plan, ihn trocken zu legen und damit 18000 ha fruchtbares Land der menschlichen Kultur wieder zu übergeben, nahm in dieser Not immer bestimmtere Formen an. Die Entwässerungspläne reichen bis in das Jahr 1617 zurück.

1631 wurde eine Gesellschaft gegründet und 1643 veröffentlichte ein Mühlenbauer, namens Leeghwater, einen ausführlichen Plan zur Entwässerung. 160 große Windmühlen in 40 Gängen zu je 4 Stockwerken sollten das Wasser in den Umfassungskanal „aufmahlen“. Das Unternehmen sollte etwa 3,69 Mill. Gulden erfordern. Aber auch dies blieben noch Pläne.

Erst 1742 wurden weitere Pläne ausgearbeitet, bei denen wieder große Windmühlen als Kraftmaschinen vorkamen. Da rechnete man schon auf über 6,5 Mill. Gulden Kosten. Aber auch das 18. Jahrhundert endete noch, ohne daß man zur Ausführung kam.

Im Anfang des 19. Jahrhunderts wurde wieder mit Macht die Aufgabe in Angriff genommen, und neben den Windmühlen kommen jetzt vor allem Dampfmaschinen in Frage. Auch ein deutscher Kunstmeister, Franz Dinnendahl, hat hieran sich sehr eifrig beteiligt, und fast wäre es dazu gekommen, die erste Dampfmaschine für diese große Kulturaufgabe in Essen zu fertigen.¹⁾

Die Kosten aller dieser Entwürfe lagen zwischen 3,5 und 12 Mill. Die meisten glaubten mit etwa 8 Mill. auszukommen. Windmühlen wurden schließlich ganz aufgegeben; im Dampf sah man die einzige Lösung. In einem Zeitraum von etwa zwei Jahrhunderten hatte man in 15 vollkommen ausgearbeiteten Entwürfen die Austrocknung des Sees behandelt; aber immer hatte man sich noch nicht entscheiden können. Da zwang ein Naturereignis zum Entschluß. Am 9. November 1836 trieb ein rasender Westwind die Gewässer des Sees gegen Amsterdam und drängte sie durch die Polder hindurch über Straßen und Deiche hinweg bis unter die Mauern

¹⁾ Einige Aktenstücke hierüber habe ich in den „Beiträgen zur Geschichte von Stadt und Stift Essen“, Heft 26: „Franz Dinnendahl, das Lebensbild eines deutschen Kunstmeisters“ veröffentlicht.

der Hauptstadt. Am Weihnachtstage des gleichen Jahres trieb ein gewaltiger Oststurm die Wogen mit unwiderstehlicher Gewalt gegen die Stadt Leyden und setzte einen Teil der Stadt unter Wasser. Die Wogen durchbrachen die Deiche und überfluteten alles. 4000 ha Polder wurden schon im November unter Wasser gesetzt und im Dezember bereits 7500 ha. Mehr als ein Jahr brauchte man, um die überschwemmten Ländereien wieder trocken zu legen, und die Wiederherstellungsarbeiten an den Schutzbauten erforderten ganz ungewöhnlich hohe Kosten. Jetzt wurde mit aller Energie darangegangen, die früheren Pläne zu verwirklichen. Eine Kommission wurde 1837 eingesetzt; in ihrem Bericht hieß es noch: „Der Dampf wird nicht als einzige Triebkraft angewendet, er soll nur diejenige des Windes unterstützen.“ 79 Mühlen und 3 Dampfmaschinen von je 40 PS sollten erbaut werden. 1839 wurde die Entwässerung beschlossen und 8 Mill. Gulden hierfür bewilligt. Der Plan wurde durch königliche Verordnung dahin abgeändert, „daß die Dampfkraft allein während und nach der Entwässerung angewendet werden solle“. England, das Land der Dampfmaschinen, hatte die drei für diese Arbeit erforderlichen gewaltigen Maschinen zu liefern. In welcher Weise die Aufgabe von den englischen Dampfmaschinenbauern gelöst wurde, welche riesigen Maschinen hier entstanden, wird im zweiten Teil ausführlicher gezeigt werden. 1845 konnten die ersten Versuche mit den Maschinen angestellt werden. Ende der 40er Jahre waren dann alle Maschinen im regelmäßigen Betrieb, nachdem man vorher bei ihrer Aufstellung noch die größten Schwierigkeiten überwunden hatte. Der Unternehmer hatte schon 1847 bei der einen Anlage die Sache ganz aufgeben wollen. Er wurde von der Regierung durch besondere Geldmittel unterstützt, und wieder wurde von vorne angefangen. Neue Spundwände wurden in den Boden geschlagen, neue Schöpfmaschinen aufgestellt. Die Stadt Leyden sandte 60 Mann zur Hilfe, eine zweite Lokomobile wurde zum Antrieb der Schöpferwerke herbeigeschafft. Es waren schließlich 12 Rammen, 450 Arbeiter und 83 Pferde in voller Tätigkeit, um nur die Fundamente bei den Maschinen des Cruquius anzulegen. Schließlich aber siegte die menschliche Ausdauer über die natürlichen Schwierigkeiten. 1700 Pfähle waren eingerammt und bald ruhten auf diesem Rost die Mauern des Maschinenturmes, in dem die Maschine nun ihre Arbeit beginnen konnte. Bald arbeiteten alle drei Maschinen, wie der Berichtstatter besonders hervorhebt, „mit Leichtigkeit, ohne Geräusch, ohne Erschütterung des Gebäudes mit Kraft und Herrlichkeit.“

Im April 1849 arbeiteten die drei Maschinen gemeinschaftlich. Jetzt begann die Ausschöpfung des Sees, das Wasser sank zumal im Sommer durch die unaufhörliche Arbeit der Maschine ununterbrochen. Nur im Winter stieg der Wasserspiegel für kurze Zeit, zumal wenn eine Maschine angehalten wurde. Anfangs Juli 1852 war der See ausgetrocknet. Man kann also rechnen, daß die ganze Entwässerung zwischen 1. April 1849 und 1. Juli 1852 stattgefunden hat und somit 39 Monate dauerte. Die Maschinen haben in dieser Zeit 831,8 Mill. cbm Wasser ausgeschöpft.

Damit war die Hauptarbeit der Maschinen beendet, sie hatten jetzt nur noch zeitweise das Niederschlagswasser zu entfernen. Eine dieser gewaltigen historisch denkwürdigen Anlagen ist auch bereits verschwunden. Die riesige Maschine ist durch eine kleine, elektrisch angetriebene Zentrifugalpumpe ersetzt worden. Noch aber sind zwei der großen Anlagen Leeghwater und Cruquius zu sehen und reden zu dem, der ihre Sprache versteht. Wer ihre gewaltigen Glieder noch einmal sich bewegen sieht, dann den Turm des Gebäudes besteigt und hier über dem mächtigen Zylinder steht, in das weite fruchtbare Land mit seinen weidenden Herden, seinem saftigen Gras, seinen grünen Bäumen blickt und dann von dem Maschinenwärter, der mit der Maschine alt geworden ist, in einfachen Worten sich sagen läßt: „All das fruchtbare Land, soweit das Auge reicht, war Meeresboden und diese Maschine hat es erst dem Meere abgerungen,“ dem wird kaum irgendwo sinnfälliger die kulturgeschichtliche Größe der Dampfmaschine vor Augen treten. Der Wunsch, den Goethe seinen Faust aussprechen läßt:

Erlange dir das köstliche Genießen,
Das herrische Meer vom Ufer auszuschließen,
Der feuchten Breite Grenzen zu verengen,
Und, weit hinein, sie in sich selbst zu drängen.

ihn hat hier die Dampfmaschine wörtlich erfüllt.

6. Die Dampfmaschine im Dienst des Verkehrs.

A. Die Einführung der Dampfmaschine in den Schiffsverkehr.

Ansprüche auf die Erfindung des Dampfschiffes. — Die ersten praktischen Versuche in Amerika - England - Frankreich. — Fultons Clarendon. — Bells Comet. — Die ersten Ozeandampfer. — Statistische Angaben über Entwicklung der Dampfschiffahrt. — Steigerung der Leistungsfähigkeit. — Die ersten Kriegsdampfer. — Leistung der Kriegsflotten in PS.

Die größte Umwälzung hat die Dampfmaschine auf dem Gebiete des Verkehrs hervorgerufen. Kein anderes Gebiet verlangt heute auch nur annähernd gleiche Krafterleistung. Auf keinem anderen Gebiete ist die weittragende Bedeutung der Dampfmaschine auch dem der Technik ferner Stehenden so überzeugend vor Augen getreten wie hier. Zuerst ist sie auf dem Wasser heimisch geworden, hier hat sie die Muskelkraft verdrängt und der Windkraft die Hauptarbeit abgenommen.

Mehrere Nationen haben Anspruch erhoben auf den Ruhm, das erste Dampfschiff besessen zu haben. Es haben sich Legenden gebildet, Annahmen und Vermutungen sind zu Gewißheiten erhoben worden, und noch immer nicht scheint überall die einfache Wahrheit die Märchen verdrängt zu haben.

Russel nannte noch 1841 fünf Nationen, die die Einführung der Dampfschiffahrt für sich in Anspruch nahmen; England, Frankreich, Nordamerika, Spanien und Italien. Später kam noch Deutschland hinzu.

Am weitesten zurück liegt Spaniens Anspruch, demzufolge der spanische Schiffshauptmann Blasco de Garay 1543 ein Schiff mit Dampf bewegt haben soll. Vorher hat schon Leonardo da Vinci (1452 bis 1519), dieser umfassende Erfindungsgeist, in ganz allgemeiner Weise angegeben, wie man ein Schiff mit Dampf bewegen könne. Die Nachrichten über Blasco de Garays Dampfschiffsfahrtsversuche sind im Jahre 1826 von M. F. de Navarrette wieder veröffentlicht worden, und zwar auf Grund von Mitteilungen des Direktors des Königlichen Archivs zu Simanca, Thomas Gonzales.¹⁾

Danach soll Blasco de Garay am 17. Juni 1543 dem Kaiser Karl V. im Hafen von Barcelona auf einem Schiff von 200 Tonnen, genannt die „Dreifaltigkeit“, Versuche vorgeführt haben, selbst bei Windstille ohne Ruder und Segel Seefahrzeuge und große Transportschiffe durch eine Maschine zu bewegen. Man will bei der Probe gesehen haben, daß auf dem Schiff ein großer Kessel mit siedendem Wasser gestanden habe; auch Triebäder sollen an den beiden Enden des Schiffes sich befunden haben. Die Maschine fand Anerkennung; aber der Schatzmeister, ein Feind des Projektes, habe die Maschine für zu verwickelt und zu teuer erklärt und auf die Gefahr einer Kesselexplosion hingewiesen. Nach den Versuchen soll Garay seine Maschine auseinandergenommen und sorgfältig verwahrt haben. Der Kaiser soll den Erfinder durch eine höhere Stelle und ein Geschenk von 200000 Maravedis belohnt und auch die Kosten und Auslagen zu den Versuchen aus dem Staatsschatz bezahlt haben. Nur der Krieg, in den damals Karl V. verwickelt war, soll trotz der ungünstigen Beurteilung des Finanzministers die weitere Förderung des Unternehmens verhindert haben.

Soweit die Mitteilungen von Gonzales, zu denen die Belege sich in Form von Urkunden und Originalaufzeichnungen im Königlichen Archiv befinden sollen.

Merkwürdig ist es, daß auch bis heute noch diese Urkunden nicht veröffentlicht und dem Studium weiter zugänglich gemacht worden sind. Über die Konstruktion der Maschine werden sie aller Voraussicht nach nichts weiter enthalten, da Garay ängstlich bemüht war, sein großes Geheimnis zu bewahren. Wer die Schwierigkeiten kennt, die noch 200 Jahre später die Technik kaum zu überwinden vermochte, um die Dampfkraft auch nur für einfachste Arbeitsleistung nutzbar zu machen, wird kaum an die Richtigkeit der Garayschen Erfindung glauben können. Deutungen in dieser Richtung sind außerordentlich leicht möglich und sehr viel vorgekommen. Im günstigsten Falle wäre es denkbar, daß es sich auch hier um die altbekannte Aeolipyle handelt, deren Dampfstrom Garay vielleicht gegen Schaufelräder blasen ließ, wie dies auch schon für andere Zwecke mehrfach ver-

¹⁾ Abgedruckt in Becks Geschichte des Eisens, Bd. II S. 534.

sucht worden ist. Daß sich damit nicht ohne weiteres Schiffe treiben lassen, liegt auf der Hand.

Die Italiener haben behauptet, und sie berufen sich hierbei auf ein in Florenz 1796 erschienenenes Werk „Elemente der Experimental-Physik“, daß ihr Landsmann Serati mit dem ersten Dampfschiffe der Welt auf dem Arno gefahren sei. Irgend ein Beweis hierfür ist nicht erbracht worden.¹⁾

Deutschland hat in neuerer Zeit Papins Fahrt auf der Fulda im Jahre 1707 für die erste Dampfschiffahrt erklärt, und auch hier hat sich eine Legende gebildet, die immer bestimmtere Formen angenommen hat und sich auf Urkunden zu stützen schien, die einwandfrei die Tatsache beweisen sollten, bis endlich aufgefundene Briefe Papins durch ihn selbst in klarster Weise die Geschichte dieses Dampfschiffes widerlegt haben.²⁾

Wie die Legende von Papins Dampfschiff entstanden ist, hat Gerland im VIII. Band der Zeitschrift für hessische Geschichte und Landeskunde 1880 gezeigt. Danach ist als die Quelle für die Legende die 1848 erschienene Geschichte der Haupt- und Residenzstadt Kassel von Piterit anzusehen. Hier steht auf Seite 241:

„Der Versuch muß wirklich gemacht, aber mißglückt sein, denn es wird erzählt, daß dieser Schwätzer (Papin!) bei der angestellten Fahrt selbst in Lebensgefahr geraten sei, und wenn dieses, wie wahrscheinlich ist, durch das Springen des Dampfkessels geschah, so hat Kassel die Ehre, die erste Stadt der Welt zu sein, welche einen Versuch dieser Art gesehen, und die Fulda ist demnach der erste Fluß, der auf seinem Rücken ein, wiewohl verunglücktes, Dampfschiff getragen hat.“

Piterit verwechselt hier das Unglück, das Papin auf der Fulda mit einem von ihm versuchten Taucherschiff hatte, mit einem Dampfschiff, und er scheint auch noch die Explosion, die einmal in Papins Versuchsraum stattgefunden haben soll, von der aber etwas Sicheres sich noch nicht hat nachweisen lassen, mit hineingebracht zu haben. Auch noch vor Piterit ist in einem Sitzungsbericht des Vereins für hessische Geschichte am 12. April 1843 eine Bemerkung zu finden, indem der damalige Bibliothekar Bernhard aus den Schriften des ehemaligen Marburger Professors Papin nachwies, „daß derselbe bereits vor 150 Jahren nicht nur den Bau eines Dampfschiffes genau beschrieben, sondern auch nach unzweifelhaften Berichten den ersten Versuch damit auf der Fulda gemacht hat.“

¹⁾ s. Schwarz-Flemming, Verhandl. d. Ver. z. Bef. d. Gewerblf. 1896, S. 211.

²⁾ Das Verdienst, diese Legende zerstört und die wirkliche Sachlage klargestellt zu haben, gebührt Dr. E. Gerland, dessen Buch „Leibniz und Huygens Briefwechsel mit Papin nebst Biographie Papins“, Berlin 1881, heute das grundlegende Material für alle Arbeiten über Papin bildet. Schon vorher hatte Gerland in seinem interessanten Aufsatz „Zur Erfindungsgeschichte des Dampfschiffes“, s. Z. d. V. d. Ing. 1876, S. 462, darauf hingewiesen, daß die Ansicht, das Schiff, mit welchem Papin am 7. Septbr. 1707 von Kassel bis Minden fuhr, sei ein durch Dampfkraft betriebenes Ruderradschiff gewesen. in keiner Weise begründet sei.

Das Schiff, das man als erstes Dampfschiff zu bezeichnen liebt, wurde 1703 bis 1704, und zwar für eine Belastung von 4000 Pfund gebaut. Am 13. März 1704 schrieb Papin ausführlich über sein Schiff an Leibniz; ganz ausdrücklich betont er darin: „Je n'ay point preparé celui-ci pour y employer la force du feu parceque ce n'est pas à moy d'entreprendre trop de choses à la fois.“

Papin nahm an, daß sein Schiff durch zwei Mann, die an dem entsprechenden Ruderrad arbeiten sollten, leicht und schnell flußaufwärts gebracht werden könne. In einer kleinen Abhandlung, die leider nicht auf uns gekommen und von der wir nur aus dem genannten Brief an Leibniz erfahren, hatte er den Widerstand im Wasser sich bewegender Körper untersucht, um Grundlagen für die Bauart des Bootes daraus zu gewinnen. Im zweiten Teil bespricht er dann die gewöhnliche Ruderweise, ihre Fehler, und gibt zum Schluß die Mittel an, wie man diesen Fehlern abhelfen könne. Er will durch Rechnung festgestellt haben, daß man ein Schiff bauen könne, welches mehr wie eine Galeere tragen könne und doch mit nur 7 bis 8 Ruder knechten ohne Hilfe des Feuers schneller fortbewegt werden könne als eine gewöhnliche Galeere mit 250 Ruderern.

Durch Papins eigene Worte ist somit nachgewiesen, daß er erst nach Abschluß seiner Versuche, durch Muskelkraft Ruderradschiffe zu treiben, daran gehen wollte, gegebenenfalls seine Dampfmaschine anzuwenden, von der er schon 1690 hervorgehoben hat, wie es mit ihr möglich sein würde. „gegen den Wind zu rudern, und wie sehr diese Kraft der der Galeeren-sklaven vorzuziehen wäre, um schnell zu segeln.“

Trotzdem wird auch heute noch vielfach an Papins Dampfschiffahrt festgehalten, und die Schriftstücke, die Rühlmann auch schon veröffentlicht hat und die sich auf die stattgehabte Zerstörung des Schiffes in Minden beziehen, werden als Grundlage angenommen. Der Glaube an das Papinsche Dampfschiff hat sogar schon zu Abbildungen in populären Zeitschriften geführt und sehr phantasievolle Beschreibungen dieser ersten Dampferfahrt gezeitigt.¹⁾

Ebensowenig wie Papin kam Savery über Versuche mit von Menschenkraft bewegten Schaufelrädern hinaus.

Die nächsten Jahrzehnte brachten ebenfalls nur Ideen, keine praktischen Ausführungen. 1736 ließ sich Jonathan Hulls die Anwendung einer atmosphärischen Maschine „zum Befördern der Schiffe in den Hafen und aus ihm hinaus bei widrigem Wind und bei Wasserströmen oder bei Windstille“ schützen. Die Versuche sollen vollständig mißlungen sein und dem Er-

¹⁾ Vor allem hält man in Kassel selbst noch zäh an der Überlieferung fest. Ein Zeitungsausschnitt, der mir vorliegt, berichtet, daß man sogar daran gedacht hat, Papin und seine erste Dampferfahrt durch ein Denkmal zu verherrlichen. Ein Brunnen mit dem Bildnis Papins und dem Modell seines „Dampfbootes“ soll die Nachwelt an die erste Dampferfahrt erinnern. Mit soviel Ausdauer können liebgewordene Ansichten, durch etwas Lokalpatriotismus verstärkt, festgehalten werden.

finder nur Spott und Hohn eingetragen haben. Etwa 20 Jahre später trat in Frankreich ein Abbé Gauthier sehr lebhaft für den Bau eines Dampfschiffes ein. Er wies nach, daß die Dampfmaschine wesentlich billiger arbeite als Ruderknechte und außerdem bei geringerem Gewicht auch noch weniger Raum in Anspruch nehme. Liege das Schiff still, so solle man mit der Maschine den Anker heben, die Pumpen betreiben und auf dem Kesselfeuer die Speisen zubereiten.

Auch der phantasiereiche Gedankengang dieses Franzosen wurde nicht in die Praxis umgesetzt. Erst das Zeitalter der Wattschen Maschine schuf auch für den Verkehr zu Wasser brauchbare Dampfmaschinen.

Die ersten erfolgreichen Versuche und die ersten wirtschaftlichen Anwendungen der Dampfkraft in größerem Stil sind in Amerika zu suchen. Hier soll auf dem Schuylkill, einem Nebenfluß des Delaware, der Pionier des amerikanischen Dampfmaschinenbaues, Oliver Evans, schon in den 70er Jahren des 18. Jahrhunderts Versuche mit Dampfbooten unternommen haben, die aber noch keinen Erfolg zeitigten. 1773 soll Christopher Colles, Lektor der „Philosophischen Gesellschaft“ in Philadelphia, ein Versuchsdampfschiff erbaut haben.¹⁾

Bedeutsamer und technisch außerordentlich interessant waren die von John Fitch 1786 ebenfalls auf dem Schuylkill unternommenen Versuche. Das Boot wurde durch ein im hinteren Schiff angeordnetes Rad betrieben; es war also ein Heckraddampfer.

Schon im Sommer 1785 hatte Fitch vorgeschlagen, Boote mit Ruderädern oder mit umlaufenden Schrauben, die durch Dampfkraft gedreht werden sollten, zu betreiben. Schaufelräder zu verwenden, gab er auf, da Franklin ihm mitteilte, daß diese Antriebsmittel, so oft man sie versuchte, sich nicht bewährt hätten. Das Modell seines ersten Dampfbootes, das er am 2. September 1785 der amerikanischen philosophischen Gesellschaft in Philadelphia nebst Zeichnungen und Beschreibungen einreichte, zeigt statt der Schaufelräder eine endlose Kette mit Ruderschaufeln zur Fortbewegung. In den nächsten Jahren erhielt er von einigen Staaten Amerikas Patente auf den ausschließlichen Betrieb der Dampfmaschine in den in Frage kommenden Gewässern. Er gründete auch eine Gesellschaft mit 300 Doll. Kapital und begann dann zusammen mit einem holländischen Uhrmacher Henry Voight Schiff und Maschine zu bauen.

Die ersten kleinen Versuchsmaschinen hatten nur 1 und 3 Zoll Zylinderdurchmesser, spätere 12 und 18 Zoll. Die Kette mit den Rudern bewährte sich ebensowenig, wie eine ganze Anzahl anderer Betriebsweisen. Schließlich versuchte man einfache Ruder, die in entsprechender Weise von der Maschine zu bewegen waren.

Ein größeres Schiff wurde in Angriff genommen, und im Mai 1787 konnte man mit dem neuen Schiffe, der „Perseverance“, endlich einige

¹⁾ Rivingtons Gazette, 16. Februar 1775, s. Thurston.

Versuche machen. Die Dampfmaschine bereitete anfangs große Schwierigkeiten. Die Zylinderdeckel waren aus Holz und nicht dicht zu halten, ebensowenig Kolben und Ventile. Der Kondensator war sehr unvollkommen und wurde dann durch einen von Voight erfundenen Oberflächenkondensator ersetzt, der sich sehr gut bewährte. Als endlich alle Übelstände beseitigt waren und das Dampfschiff auf der Probe 3 bis 4 Meilen (5,5 bis 7,4 km) in der Stunde zurücklegte, da war wieder der Kessel viel zu klein, um für gleichmäßigen Betrieb den nötigen Dampf erzeugen zu können. Schließlich wurde auch dieser Not abgeholfen, und am 22. August 1787 konnte eine größere Probefahrt im Beisein der Mitglieder des Konvents erfolgen.

Am 12. Oktober 1788, zwei Tage früher als in Europa das Symingtonsche Dampfschiff zu Dalswinton sich zum ersten Male in Bewegung setzte, begann Fitchs „Perseverance“ regelmäßige Fahrten auf einer Strecke von etwa 20 Meilen zur Personenbeförderung zu unternehmen. Es legte mit mehr als 30 Personen die Fahrt von Philadelphia nach Burlington in 3 Stunden und 10 Minuten zurück. Die Maschine hatte 18 Zoll (457 mm) Zylinderdurchmesser und betrieb Ruder, die in der gleichen Weise wie Handruder anfangs seitlich, später am Hinterteil des Schiffes angeordnet waren.

In einem Briefe Franklins findet sich auch eine Notiz über die „Perseverance“ von Fitch; am 24. Oktober 1788 schreibt er: „Wir haben gegenwärtig hier nichts neues Physikalisches, außer daß ein durch Dampf bewegtes Boot auf unserem Fluß sich selbst gegen die Flut rudert. Man glaubt die Einrichtung so vereinfachen und vervollkommen zu können, daß sie allgemein nützlich werde.“

Das Schiff soll im ganzen 2 bis 3 Tausend Meilen ohne ernstlichen Zwischenfall zurückgelegt haben.

Nach harten Kämpfen war es Fitch 1791 auch gelungen, für die ganzen Vereinigten Staaten ein Privilegium zu erhalten. Da ihm aber das Leben in Amerika durch andere Erfinder sehr schwer gemacht wurde und der amerikanische Konsul in Paris ihm anbot, in Frankreich seine Bestrebungen zu unterstützen, so reiste Fitch nach Paris, voller Hoffnungen, hier sein Ziel erreichen zu können. Aber er sah bald ein, daß auch hier die Zeit für ihn nicht günstig war, man hatte in Frankreich damals andere Sorgen. Fitch ging deshalb nach England, wo er auch mit Fulton, seinem wesentlich glücklicheren Nachfolger, zusammentraf. Auch hier suchte er eifrig nach Männern, die seine Idee unterstützen könnten. Die große Öffentlichkeit versuchte er 1793 durch eine kleine Druckschrift über die Bedeutung der Dampfmaschine aufzuklären. Aber alles war vergeblich; so kehrte er schließlich arm und hoffnungslos 1794 nach Amerika zurück. 1796 stellte er in New York Versuche mit einem kleinen Schraubendampfer an, kam dann auch in Philadelphia mit Oliver Evans zusammen und entwickelte ihm seine Pläne, im Westen Amerikas eine Gesellschaft zu gründen, um die Dampfschiffahrt auf den riesigen Flüssen Amerikas einzuführen. Trotz aller Mißerfolge war und blieb er überzeugt, daß die Dampfschiff-

fahrt über kurz oder lang die größte Bedeutung für den Personen- und Güterverkehr gewinnen müsse. Er sah voraus, daß Dampfschiffe nicht nur die Binnengewässer, sondern auch die Weltmeere durchkreuzen würden. Ja 1791 sprach er bereits davon, wie nützlich die Dampfkraft auch für Kriegsschiffe sein werde. Den Erfolg seiner Arbeiten, die Erfüllung seiner Prophezeiungen sollte er nicht erleben. Enttäuscht von den Mißerfolgen seiner Lebensarbeit, verbittert durch häusliches Unglück, zog er sich nach Kentucky zurück, wo er 1798 starb.

Wehmütig klingen noch heute zu uns seine Worte: „Es wird ein Tag kommen, wo ein Mächtigerer Ruhm und Reichtum durch meine Erfindung ernten wird, aber jetzt will niemand glauben, daß der arme John Fitch etwas zu leisten vermag, was Beachtung verdient.“

Gleichzeitig mit Fitch beschäftigte sich ein anderer amerikanischer Ingenieur, James Rumsey, damit, die Dampfmaschine auf die Schifffahrt anzuwenden. Er suchte auf einem anderen Wege als Fitch sein Ziel zu erreichen. Er verwandte einen sogenannten Reaktionspropeller, eine Idee, die schon 1738 Bernoulli in einem Briefe an Euler angegeben hatte, von der aber Bernoulli bereits sich klar war, daß, so theoretisch interessant sie auch sein möge, sie doch schwerlich praktisch die erwarteten Vorteile geben würde. Franklin scheint Rumsey wieder darauf aufmerksam gemacht zu haben. Rumseys Schiffsmaschine war also eine Pumpmaschine, mit der das Wasser vorn am Schiffe gehoben und so nach dem hinteren Teile des Schiffes bewegt wurde, daß die hierdurch entstehende starke Strömung das Schiff vorwärts treiben konnte. Diese Bewegungsart ist dann auch später bis auf unsere Zeit wiederholt mit dem Anspruch, eine vollkommen neue Erfindung zu sein, versucht worden.

1788 wurde von Rumsey eine Gesellschaft zur Ausnutzung seiner Idee in Philadelphia gebildet, an der sich in erster Linie auch Franklin beteiligte. Rumsey selbst ging nach England, um auch dort sein Unternehmen zu fördern und Patente auf seine Erfindung zu nehmen, die er auch 1788 und 1790 erhielt. Auch er kam hier mit seinem Landsmann Fulton zusammen. Ein Schiff und eine Maschine wurden in London gebaut; beide waren Ende 1793 soweit fertig, daß ein Versuch in nächster Zeit über den Erfolg entscheiden sollte. Da endigte ein frühzeitiger Tod die Arbeit dieses Erfinders. Rumsey starb am 23. Dezember 1793 infolge eines Schlaganfalles.

Neben Fitch und Rumsey haben in Amerika noch andere Erfinder sich mit dem Problem der Schifffahrt beschäftigt. Es gehören hierher Samuel Morey, Nathan Read und Nicholas Roosevelt.

Morey versuchte 1790 zuerst ein Schiff mit Dampfmaschine und Schaufelrad fortzubewegen. Mit wechselndem Erfolg verfolgte er bis 1797 seine Pläne, bis schließlich seine Geldmittel nicht mehr ausreichten, die Versuche fortzusetzen. Read, 1759 in Warren (Mass.) geboren, hatte Medizin studiert, war aber später ganz zur Technik übergegangen. Er beschäftigte

sich seit 1788 auch mit der Dampfschiffahrt und suchte in erster Linie einen explosionssicheren, möglichst leichten Dampfkessel zu entwerfen, aber auch ihm war keinerlei Erfolg beschieden.¹⁾

Nicht minder eifrig als in der neuen Welt begann man sich nun auch in Europa mit der neuen Anwendung der Dampfmaschine zu befassen. Hier fanden die ersten bedeutsamen Dampfschiffsversuche auf einem kleinen See im Süden Schottlands statt. Ein reichgewordener Bankier Patrick Miller als Unternehmer und der Maschinenmeister einer Grube William Symington als Konstrukteur und Erbauer der Maschine sind die beiden Hauptpersonen dieser ersten europäischen Dampfschiffahrtsversuche. Der Hauslehrer Millers, Taylor, wird gewöhnlich als dritter im Bunde angeführt, weil er zuerst die Idee gehabt haben soll, die Dampfmaschine in das Schiff einzubauen. Miller hatte schon im Juni 1787 Versuche mit eigenartig gebauten Doppelbooten, die von Hand mit Ruderrädern betrieben wurden, gemacht, auch in der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften Berichte hierüber eingereicht und Zeichnungen und Beschreibungen veröffentlicht. Auf Anraten Taylors beauftragte er dann im Winter 1787 und 88 den Schulfreund Taylors, William Symington, eine Dampfmaschine für sein Ruderradschiff zu bauen. Symington hatte sich bereits 1787 einige Verbesserungen an Dampfmaschinen schützen lassen, auch schon 1786 das Modell eines Dampfwagens erbaut.

Unter seiner Leitung erstand in Edinburgh die von Miller bestellte Maschine. Ein Gelbgießer fertigte die beiden kleinen Rotgußzylinder von je 4 Zoll Durchmesser. Die Maschine, die soviel „wie ein Pferd“ leisten sollte, wurde eingebaut und am 14. Oktober 1788 auf dem kleinen Landsee bei Dalswinton in Südschottland zum erstenmal in Betrieb gesetzt. Zum Vergnügen der Unternehmer und zum Staunen der an den Ufern des Teiches zusammenlaufenden Landleute, die nicht glauben wollten, daß man „mit Rauch ein Schiff betreiben könne“, wurden die Versuche einige Tage fortgesetzt. Sie zeigten, daß es wohl möglich sei, durch Dampfmaschinen Schiffe zu betreiben. Der Erfolg ermunterte Miller, die Versuche in größerem Maßstabe fortzusetzen. Symington wurde beauftragt, eine stärkere Maschine auf den berühmten Eisenwerken zu Carron herzustellen. Die neue Maschine hatte zwei Zylinder von je 18 Zoll (457 mm) Durchmesser. Es konnten schon im November 1789 auf dem Forth- und Clyde-Kanal die ersten Versuche damit angestellt werden. Die Schaufeln der Räder waren aber zu schwach; sie brachen, als man die Geschwindigkeit des Schiffes ein wenig steigerte. Neue Ruderräder wurden eingebaut und am 26. und 27. Dezember 1789 konnte man die Versuche wieder aufnehmen. Aber die aufgewendeten Kosten waren doch schon so bedeutend, daß Miller die Lust verlor, ein so kostspieliges Unternehmen noch weiter zu fördern. Die Maschine wurde aus dem Boote genommen und in den Carronwerken

¹⁾ Er starb in Belfast 1849 im Alter von 90 Jahren.

zum Verkauf ausboten. Damit waren auch hier die Versuche, Dampfmaschinen schon im 18. Jahrhundert in die Schifffahrt einzuführen, beendet.

Ebenso erfolglos waren anfangs auch die französischen Pioniere auf diesem Gebiete. Hier begann der Artilleriekapitän Auxiron sich schon 1774 mit der Dampfschifffahrt zu beschäftigen. Er gründete eine Gesellschaft, die Versuche im großen ausführen sollte. Auch ein Dampfboot probierte er bereits auf der Seine. Aber der Erfolg soll so gering gewesen sein, daß der Erfinder und seine Freunde die Sache aufgegeben haben.

Jacques-Constantin Périer griff dann ebenfalls die Idee auf und versuchte 1775 ein Dampfboot auf der Seine zu betreiben. Auch hier ließ der Versuch wenig Hoffnung übrig, in absehbarer Zeit praktische Erfolge zu erreichen. Périer hatte auch genügend zu tun, die ortsfeste Dampfmaschine einzuführen, so daß er von so unsicheren Zukunftserwartungen, wie sie das Dampfschiff darstellte, absah.

Als dritter französischer Erfinder wird besonders der Marquis de Jouffroy angesehen, dem es 1783 gelungen sein soll, auf der Saône ein Dampfschiff zu betreiben. Er soll am 18. Juli eine ganze Viertelstunde lang gegen den Strom gefahren sein, und nur weil der Dampfkessel schadhafte wurde, habe man die Versuche aufgegeben. Die französische Regierung sollte auf Grund dieses Versuches dem Erfinder für 30 Jahre ein Privileg auf die Dampfschifffahrt geben; sie hielt aber den Versuch noch nicht für genügend und versprach ein auf 15 Jahre beschränktes Privileg, wenn es gelingen sollte, „auf der Seine ein mit 300 Milliers befrachtetes Fahrzeug mit Hilfe einer Pompe à feu einigemal gegen den Strom zu fahren, und wenn der gute Erfolg dieses Versuches in Paris einwandfrei so bescheinigt wird, daß die Vorteile der Einrichtungen nicht mehr bezweifelt werden können“. Jouffroy unterzog sich weder damals noch später dem Versuch, den man von ihm verlangte.

So eifrig man auch, wie im vorhergehenden gezeigt, am Ende des 18. Jahrhunderts in Europa und Amerika sich abmühte, die neuentdeckte Naturkraft des gespannten Wasserdampfes auf den Verkehr zu Wasser anzuwenden, die Versuche scheiterten alle an den großen technischen Schwierigkeiten, die zu überwinden einem Watt gerade erst bei den ortsfesten Dampfmaschinen gelungen war. Auch das Bedürfnis nach einer neuen Verkehrskraft war noch nicht so zwingend hervorgetreten, um die erforderlichen großen Geldmittel flüssig zu machen, die notwendig waren, um eine solche weltbewegende Neuheit mit Erfolg durchzuführen.

Erst im Anfang des 19. Jahrhunderts, dem „Zeitalter des Dampfes“, gelang es, die Versuche jener Vorkämpfer der Dampfschifffahrt zu wirtschaftlich-praktischem Erfolg zu führen.

Der Ruhm, dies zuerst erreicht zu haben, gebührt Amerika und seinem großen Ingenieur Robert Fulton. Fulton war 1786, 21 Jahre alt, aus Amerika nach London gekommen, um sich hier als Maler weiter auszubilden. Sein Interesse aber an allen technischen Arbeiten steigerte sich in der hier-

für besonders günstigen Umgebung so, daß der Maler gegenüber dem Ingenieur immer mehr in den Hintergrund trat. 1797 ging er nach Frankreich, beschäftigte sich hier zunächst damit, ein Unterseeboot zu bauen, um feindliche Schiffe unter Wasser durch Bomben und Torpedos in die Luft zu sprengen. In Frankreich und auch in Holland hatte man seine Idee bereits wiederholt zurückgewiesen; erst auf Befehl Napoleons wurden eingehende Versuche damit angestellt. Inzwischen aber kam der Friede und das Interesse für so gefährliche Mordwerkzeuge hörte wenigstens vorübergehend wieder auf.

In dieser Zeit war Robert Livingston nach Paris gekommen, der sich ebenfalls schon vorher mit großem Interesse um die Dampfschiffahrt gekümmert hatte. Er verband sich mit Fulton und beide ließen, als Fitch 1798 gestorben war, das diesem übertragene Privilegium, die Dampfschiffahrt in Amerika einzuführen, auf sich übertragen.

1802 begann Fulton sich mit den Dampfschiffsversuchen eifrig zu beschäftigen. Ein kleines Versuchsboot war zu schwach für das Maschinengewicht, es zerbrach und versank. Ein stärkeres Fahrzeug wurde sofort in Angriff genommen und bereits 1803 konnte er ein geladenes Publikum auf der Seine mehrere Stunden lang stromauf- und stromabwärts spazieren fahren. Mitglieder der französischen Akademie, darunter Carnot und Périer, machten diese Fahrten mit, die von Staunen und Bewunderung einer ungeheuren Zuschauermenge an den Ufern des Flusses begleitet wurden.

Inzwischen brach der Krieg zwischen England und Frankreich von neuem aus und nahm alles Interesse für sich allein in Anspruch. Fulton wurde von der englischen Regierung nach London eingeladen. Man versprach ihm, seine Pläne hier wesentlich zu fördern. 1804 reiste er nach England zurück, um dort jetzt seine Unterseeboote und Minen gegen die französische Flotte anzuwenden. Er war vorsichtig genug, vorher all sein Eigentum von Paris nach Amerika zu schicken. Schon vorher hatte er bei Boulton und Watt eine Dampfmaschine bestellt, ohne allerdings den Verwendungszweck anzugeben. Die Maschine sollte 2 Fuß (609 mm) Zylinderdurchmesser und 4 Fuß (1,22 m) Hub haben. Sobald die Maschine fertig war, gab er die Versuche mit dem Torpedo endgültig auf und reiste der Maschine voraus nach New York, wo er am 13. Dezember 1806 eintraf. Die Maschine kam bald darauf an und sofort wurde mit dem Bau eines Bootes, das sie aufnehmen sollte, begonnen. Livingston war inzwischen ebenfalls nach Amerika gekommen und beide betrieben nun den Fortgang der Arbeit.

Im Frühjahr 1807 ging der „Claremont“ von Stapel.¹⁾ Das Schiff war 133 Fuß lang (40,5 m), 18 Fuß breit (5,48 m) und 9 Fuß tief (2,74 m);

¹⁾ Meistens „Clermont“ geschrieben. Wie Schwarz-Flemming, Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbfl. 1896, S. 218, nachweist, heißt der Ort, in dem Livingstons Land-sitz lag, Claremont, und hiernach wurde das Schiff benannt. Auch die Originalzeichnung Fultons zeigt handschriftlich von Fulton selbst diese Schreibweise.

es wurde auf der Werft von Charles Brown am East River, New York erbaut. Im August des gleichen Jahres war die Maschine fertig eingebaut. Am 17. August 1807 wurde die erste größere Fahrt unternommen. Eine große Volksmenge hatte sich neugierig, eines Mißerfolges sicher, an der Abfahrtstelle eingefunden. Man spottete über „Fultons Folly“ und rief ihm höhnend zu, er solle ihnen auch ein Stück vom Nordpol mitbringen. Das Schiff sah merkwürdig genug aus. Kessel, Maschine und Schornstein mußten mehr Furcht als Zutrauen erregen. Die plumpen großen Seitenräder waren noch ohne Schutzkasten und zeigten die zwölf ungeheuren Schaufeln, die bei jeder Umdrehung auch noch das Deck mit Wasser „versorgten.“ Der Schornstein erreichte mit seinen 30 Fuß (9,14 m) Höhe fast die Masten.

Die Spannung der Zuschauer stieg, als endlich die Maschine in Gang gesetzt wurde und wirklich unter gewaltigem Lärmen das Schiff vorwärts bewegte. Der Spott des Volkes verwandelte sich sehr bald in lauten Beifall, der sich bei allen Landungsbrücken wiederholte. Auch unterwegs soll der Claremont nicht nur Bewunderung, sondern auch Angst und Schrecken verursacht haben. Aus dem Schornstein schlugen die Flammensäulen und Funken hoch hinaus, da der Kessel mit trockenem Fichtenholz geheizt wurde. Dies Feuerwerk, verbunden mit dem Stampfen, Stöhnen und Geratter der Maschine, und die Tatsache, daß ein großes Schiff sich gegen den Strom ohne Wind bewegen konnte, genügten, um bei abergläubischen Schiffern, die auf ihren Frachtschiffen stromab fuhren, Furcht und Entsetzen zu erregen. Augenzeugen sollen erzählt haben, daß ganze Schiffsmannschaften auf ihre Knie fielen und Gott gebeten haben, sie vor dem schrecklichen Ungetüm zu beschützen, das auf dem Wasser einherzog und seinen Weg durch die Flammen, die es ausspie, beleuchtete.

Sehr interessant ist auch der Bericht Fultons selbst über diese Fahrt; er schreibt an einen Freund:¹⁾

„Ich überholte viele Schaluppen (Sloops) und Schuner und fuhr an ihnen vorüber, als lägen sie vor Anker. Die Dampfkraft zum Treiben von Schiffsbooten ist nun voll erprobt worden.

Am Morgen, als ich New York verließ, gab es nicht 30 Personen, welche glaubten, daß mein Boot auch nur eine Meile stündlich laufen würde, und während wir die Landungsbrücke verließen, welche mit Zuschauern bedeckt war, mußte ich viele sarkastische Bemerkungen anhören.

Dies ist die Art, in welcher Unwissende die Leute begrüßen, welche sie „Philosophers“ und „Projektentmacher“ nennen.

Auch die Aussicht auf persönlichen Vorteil wurde mir als Beweggrund zugeschrieben, doch ich fühlte unendlich mehr Vergnügen in dem Gedanken an die ungeheuren Vorteile, die meinem Vaterlande durch diese Erfindung zuteil werden würden.“

¹⁾ Abgedruckt Schwarz-Flemming, Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbl. 1896, S. 220.

Die erste Fahrt des Schiffes ging von New York nach Albany. Diese 150 Meilen wurden in 32 Stunden zurückgelegt. Der Wind war auf Hin- und Rückreise entgegen, Segel konnten also, auch wenn man gewollt hätte, nicht benutzt werden, und wie Fulton in einem Bericht an die Zeitung ausdrücklich feststellte, geschah alles durch die Leistung der Dampfmaschine. Das war nach so viel vorhergegangenen Mißerfolgen ein großer Erfolg. Die erste größere Reise auf einem Dampfer war ohne Unfall zurückgelegt worden. Fulton konnte jetzt mit größter Zuversicht daran gehen, sein Dampfschiff dem öffentlichen Verkehr zu übergeben. Einige Veränderungen wurden zuvor noch daran vorgenommen. Im Winter 1807 auf 1808 wurde das Schiff umgebaut, der Schiffskörper verlängert und ein Verdeck angebracht, um mehr Raum für Reisende zu haben.¹⁾

1808 begann dann der Claremont seine regelmäßigen Fahrten zwischen New York und Albany. Man bezahlte damals für die Fahrt von New York nach Albany 7 Dollar und brauchte fahrplanmäßig 36 Stunden. Schon am Ende des Jahres 1808 war der Verkehr so gestiegen, daß der Claremont allein ihn nicht mehr bewältigen konnte. Fulton und Livingston erbauten neue Dampfer, von denen jeder fast doppelt so groß war wie der Claremont. Damit hatte die Dampfschiffahrt in der Welt ihren Eingang gefunden. Außerordentlich schnell vermehrte sich die Dampferflotte zuerst auf den großen Fluß- und Seegebieten Amerikas. Im Jahre 1840 sollen bereits 1000 Dampfer allein auf dem Mississippi und seinen Nebenflüssen im Betrieb gewesen sein.

In Europa begann das 19. Jahrhundert wieder mit einem Dampfschiffahrtsversuch von seiten Symingtons. Zehn Jahre nach den gelungenen Versuchen Millers begann sich Lord Dundas of Kerse, der Direktor und Hauptteilhaber der Clyde-Kanal-Gesellschaft, mit der Anwendung der Dampfkraft auf den Transport zu beschäftigen. Man wollte den Pferdebetrieb auf dem Kanal durch Schleppdampfer ersetzen. Symington wurde bereits 1800 beauftragt, diesen Plan auszuführen. Zwei Jahre nahm die Arbeit

¹⁾ Robert Fulton war 1765 in einer kleinen Stadt Pennsylvaniens geboren. Er wollte Feinmechaniker werden, ging aber bald zur Kunst über und erwarb sich als Porträtmaler einen gewissen Ruf. 21 Jahre alt, 1786, ging er nach London, um sich als Schüler Benjamin Wests in der Kunst zu vervollkommen; seine ausgesprochene Vorliebe aber für die Technik machte ihn der Malerei abwendig und führte ihn immer mehr auf die Bahn des großen Ingenieurs und Erfinders. In England und Frankreich begann er wechselweise seine Ideen in Wirklichkeit umzusetzen. Der Krieg zwischen Frankreich und England lenkte seine Aufmerksamkeit auf die Waffentechnik. Torpedo und Torpedoboote nahmen sein Hauptinteresse in Anspruch. Er war der erste, der diese furchtbaren Waffen unserer Zeit schon damals zu entwickeln suchte. In Frankreich aber nahm er auch, wie oben erwähnt, die Versuche mit der Dampfschiffahrt lebhaft auf. Seine weitere Lebensgeschichte ist mit der Einführung der Dampfschiffahrt auf das engste verbunden. Fulton starb geachtet und hochgeehrt am 24. Februar 1815. Nordamerika trauerte um den Tod eines seiner großen Ingenieure.

Thurston gab 1891 eine ausführliche Biographie von Robert Fulton.



Robert Fulton

geb. 1765, gest. 24. Febr. 1815

in Anspruch, sie verzehrte die damals recht beträchtliche Summe von 140000 M. Das hierfür erbaute Schiff wurde zu Ehren der Tochter des Hauptunternehmers „Charlotte Dundas“ genannt. Im März 1802 konnte es unter Teilnahme einiger Gäste seine Probefahrt unternehmen.¹⁾

Zwei Boote von je 70 Tonnen schleppte das Dampfboot auf eine Strecke von 19,5 Meilen (36,1 km) in 6 Stunden. Da ziemlich heftiger Wind von vorn entgegen wehte, war es einem anderen Schiffe überhaupt nicht möglich gewesen, voran zu kommen. Somit war einwandfrei auch hier wieder gezeigt worden, wie sehr die Dampfkraft den anderen Betriebsarten, hier dem Pferdebetrieb, überlegen war. Trotzdem ließ man das Vorhaben zunächst wieder fallen, da man fürchtete, die Kanalufer würden durch die vom Dampfboot aufgeworfenen Wellen beschädigt werden; im ganzen genommen würde somit der Vorteil weit hinter dem Nachteil der neuen Betriebsweise zurückbleiben. Noch aber wollte der Herzog von Bridgewater, von Dundas auf den erfolgreichen Versuch aufmerksam gemacht, von neuem Symington Gelegenheit geben, seine Dampfschiffe einzuführen. Nicht weniger als acht Dampfboote soll der Herzog für den seinen Namen tragenden Bridgewater-Kanal in Auftrag gegeben haben. Aber den großen Hoffnungen, die Symington hieran knüpfte, machte der Tod des Herzogs am 8. März 1803 ein schnelles Ende. Sein Nachfolger in der Leitung des Kanalunternehmens glaubte, nachdem die Aktionäre von Forth- und Clyde-Kanal sich gegen die Dampfboote ausgesprochen hatten, ebenfalls davon Abstand nehmen zu sollen. Wieder dauerte es fast zehn Jahre, bis endlich auch in Europa die Dampfschiffahrt aus dem Zustande der Versuche in das Stadium der dauernden praktischen Anwendung überging.

Erst mit Henry Bell und seinem „Comet“ beginnt die regelmäßige europäische Dampfschiffahrt. Bell, einem unternehmungslustigen Schotten,

¹⁾ William Symington war zu Leadhills geboren. Er war ein Schulkamerad Taylors, der ihm später den Ruhm, das erste Dampfschiff erbaut zu haben, streitig zu machen versuchte oder doch mit ihm teilen wollte. Zuerst in Bergwerken als Maschinenführer angestellt, lernte er hier die Wattsche Maschine kennen und versuchte sie bald nach eigenen Ideen auszuführen. Bereits 1786 hat er auch das Modell eines Dampfzuges angefertigt. Die Geschichte seiner Dampfschiffsversuche ist oben erzählt worden. Bleibenden Erfolg und materiellen Lohn hat er nicht erworben. Bell war glücklicher als er. An ihn wandte sich auch Symington 1814 und 1815, um, gestützt auf ein Privilegium, das er 1801 auf die Dampfschiffahrt in England erhalten hatte, einen Geldbetrag für Bells Dampferfahrt zu erhalten. Er erntete nur Spott mit seinen Forderungen. Schließlich erhielt er 1823 vom König Georg IV. 2000 M. und später nochmals 1000 M. Seine Hoffnung, es werde ihm eine jährliche Pension bewilligt werden, erfüllte sich nicht. Die letzten Jahre seines Lebens verbrachte er in London; Verwandte und Freunde scheinen sich vereinigt zu haben, um den Ingenieur, der die ersten Dampfmaschinen der ersten drei Dampfschiffe Großbritanniens erbaut hatte, vor äußerster Not zu schützen. Symington starb am 22. März 1831.

s. Hamel, Rückblick auf d. Einf. d. Dampfsch. in Europa in Försters Allgem. Bauztg., Jahrg. 31, 1866, S. 87, eine ausführliche Quelle über die ersten Dampfschiffe; ferner Schwarz-Flemming, Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbl. 1896.

hat es im Leben an Abwechslung nicht gefehlt; er war Viehhirt, Maurer, Zimmermann, Schiffsbauer, Mühlenbauer gewesen, hatte dann mit Maschinen gehandelt und war als Agent und Monteur in der Textilindustrie tätig. Schließlich hatte er sich in einem kleinen Seebadestädtchen an der Clyde-Mündung in Helensburgh eine Badeanstalt erworben. Hier lag es in seinem Interesse, den Bootsverkehr zwischen Glasgow und Helensburgh zu verbessern, und dieses Bedürfnis führte ihn schließlich dazu, die Dampfkraft anzuwenden.

Ein Maschinenbauer, John Robertson aus Glasgow, der bei ihm in der Sommerfrische war, unterstützte ihn. Bell ließ bei Wood & Co. in Glasgow ein kleines 40 Fuß langes Schiff erbauen. Die Maschine erbaute Robertson. Sie war ursprünglich zur Pumpmaschine bestimmt und entsprach den neuen Anforderungen nicht. Vor allem war der gußeiserne Kessel wieder viel zu klein für die Maschine. Bell kaufte eine neue Maschine von Robertson für 3300 M. Ein neuer Kessel wurde von John Napier geliefert. Die erste Versuchsfahrt des „Comet“ fand Ende Juli 1812 statt und wenige Tage darauf, in den ersten Augusttagen des Jahres 1812, konnte der „Comet“ mit 20 Fahrgästen an Bord seine erste öffentliche Fahrt vornehmen. Die Einnahmen betragen 100 M. In den Glasgower Zeitungen war dann am 5. August die Anzeige zu lesen, daß die Dampfschiffahrt zwischen Glasgow und Greenock eröffnet sei. Damit begann die europäische Dampfschiffahrt.

Interessant ist deshalb besonders Bells Druckblatt¹⁾ mit dem er dem Publikum empfiehlt, sein Dampfschiff zu benutzen:

„Dampf-Reiseboot der ‚Comet‘ zwischen Glasgow, Greenock und Helensburgh, ausschließlich für Fahrgäste.

Der Unterzeichnete hat nach vielen Kosten ein schönes Schiff auf dem Clydefluß zwischen Glasgow und Greenock in Fahrt gestellt, welches bestimmt ist, mit der Kraft des Windes und des Dampfes zu segeln. Er beabsichtigt, daß das Schiff vom Broomielaw Dienstag, Donnerstag und Samstag mittags oder zu einer durch die Strömung (Ebbe) begünstigten Zeit abgeht und von Greenock Montag, Mittwoch und Freitag am Morgen, der Flut entsprechend.

Von der Eleganz, dem Komfort und der Sicherheit, sowie von der Geschwindigkeit des Schiffes möge das Publikum sich überzeugen, und der Eigentümer ist bereit, alles zu tun, was in seiner Macht steht, die Gunst des Publikums zu verdienen.

Die Preise sind vorläufig festgesetzt, und zwar für die erste Kabine 4 Shillinge und auf 3 Shillinge für die zweite. Außer diesem Betrage ist dem Dienstpersonale an Bord nicht gestattet, Geld anzunehmen.

¹⁾ s. Woodcroft. Deutsch von Schwarz-Fleming, Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbfl. 1896, S. 247.

Der Unterzeichnete behält seine Badeanstalten wie früher bei und ein Schiff wird stets bereit sein, die Fahrgäste des ‚Comet‘ von Greenock nach Helensburgh überzusetzen.

Fahrgäste für den ‚Comet‘ erhalten Auskunft bezüglich der Abfahrtszeit in Mr. Houslens Office Broomielaw oder bei Mr. Thomas Blackneys, East Quai Head Greenock.

Helensburgh Bath, August 5. 1812.

Henry Bell.“

Schon im nächsten Jahre traten andere starke Dampfboote auf. Die Betriebsmaschine von Bells „Comet“ mußte mehrfach verstärkt werden, wenn sie auch nur einigermaßen gegen die neuen Schiffe aufkommen wollte. Der unternehmende Bell versuchte mit seinem „Comet“ auch andere Schifffahrtsgebiete für das Dampfschiff zu gewinnen. Eine Reihe höchst interessanter Fahrten sind von dem „Comet“ unternommen worden, bis er schließlich am 15. Dezember 1828 als erstes Dampfschiff scheiterte und so zugrunde ging.¹⁾

Bereits 1824 waren auf dem Clyde 35 Dampfschiffe in voller Tätigkeit, und Beuth, der große preußische Förderer aller technischen Unternehmungen der damaligen Zeit, berichtete darüber: „Das Reisen zur See wird dadurch unglaublich abgekürzt und zuverlässig hier wie überall in England.“ Er spricht weiter von der großen Verkehrssteigerung, von den riesigen Strecken, die von den Dampfbooten zurückgelegt werden. 35 Boote haben Wege zurückgelegt, gleich ungefähr 14 mal dem Ummesser der Erde, und er hebt besonders hervor, daß die Zahl der Reisenden zwischen Greenock und Glasgow seit der Einführung der Dampfschiffahrt schon auf das vierfache gestiegen sei und in dem gleichen Maße auch der Wohlstand der Orte längs der Fahrstrecke zugenommen habe. Wer diese Wirkungen erkannte, suchte gewiß sie weiter auszubreiten.²⁾

Aber man begnügte sich bald nicht mehr, mit Dampfschiffen die Flüsse,

¹⁾ Henry Bell, 1767 zu Torphichen in Schottland geboren, war eine bewegte Jugend beschert. Aus der Schule entlaufen, verdiente er sich zuerst sein Geld als Hirt. Nach einigen Jahren kehrte er wieder zur Schule zurück, war mit zwölf Jahren Maurerlehrling, dann wurde er Zimmermann, Mühlenbauer, Schiffsbauer. Er ging darauf nach London und arbeitete als Mühlenbauer bei dem berühmten John Rennie. Später nach Schottland zurückgekehrt, richtete er Bleichereien und Färbereien ein. Hierbei kam er oft den Patentrechten anderer etwas zu nahe; er verstand es aber, die gegen ihn angestrengten Prozesse zu gewinnen.

Bell starb am 14. November 1830 in Helensburg. Auch die Dampfschiffahrt, die er 1812 mit seinem „Comet“ begann, hat ihm keine Reichtümer eingetragen. 1838 errichtete man ihm ein Denkmal zu Dunglass, am Ufer des Clyde.

Die Maschine, die dem Wrack entnommen und als erste Maschine des „Comet“ angesehen wurde, war 1819 erbaut und war die dritte des Bootes gewesen; sie hatte 20 Zoll, die erste dagegen 11 Zoll Zylinderdurchmesser.

Hamel, dem die Angaben entnommen sind, berichtet in seinem Aufsätze mehrere falsche Angaben aus der Lebensgeschichte Bells, die damals schon in der Literatur Eingang gefunden hatten.

²⁾ s. Beuth „Glasgow“, Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbl., 3. Jahrg., 1824.

Landseen und Meeresküsten zu befahren, man wollte nun auch mit dem Dampfschiffe die Weite des Meeres durchkreuzen.

Wieder war es Amerika, das auch hier den ersten entscheidenden Schritt unternahm. Ein für Segelschiffahrt bereits 1818 fertiggestelltes Schiff, die „Savannah“, wurde mit Dampfmaschine und Ruderrad ausgerüstet, die zunächst nur die Windkraft unterstützen sollten. 1819 fuhr es von New York nach Savannah, wurde hier von dem damaligen Präsidenten Monroe besichtigt und trat am 26. Mai 1819 seine Reise nach Liverpool an. 25 Tage dauerte die Fahrt, 18 Tage war das Schiff unter Dampf gefahren. Mit stürmischem Willkommen wurde dieser erste Seedampfer an der Landungsbrücke begrüßt.

Die „Times“ vom 30. Juni 1819 feierte es als das erste Dampfschiff, das den Ozean kreuzte.

Die Zeitung berichtete damals, daß an der irischen Küste ein Zollkreuzer die „Savannah“ einen ganzen Tag einzuholen versuchte, weil er den Dampfer für ein „brennendes Schiff“ hielt. In Liverpool soll man übrigens sogar befürchtet haben, man wolle mit diesem Dampfer Napoleon auf St. Helena befreien.

Von Liverpool fuhr die „Savannah“ nach Kopenhagen, dann nach Stockholm, dann weiter nach St. Petersburg, wo auch der Kaiser von Rußland das Schiff besuchte und bewunderte. Auf der Rückreise berührte die „Savannah“ Arendal in Norwegen und erreichte von hier aus in 25 Tagen Savannah.

Hier hoffte man, die amerikanische Regierung würde den ersten Ozeandampfer kaufen. Sie lehnte aber den Ankauf ab. Der Hauptunternehmer, der sicher darauf gerechnet hatte, verarmte, und das Schiff wurde öffentlich versteigert; es wurde wieder in einen Segler für Güterverkehr umgewandelt. Ein ganzes Jahrzehnt verfloß, ehe man einen neuen Versuch wagte. Erst 1829 wurde in Amsterdam und Rotterdam von mehreren Kaufleuten eine Dampfschiffahrtsgesellschaft gegründet, um bessere Verbindung zwischen den Niederlanden und den westindischen Kolonien dadurch herzustellen. In Schottland ließen sie einen Dampfer, „Curacao“ genannt, mit einer roopferdigen Dampfmaschine erbauen, der im Sommer 1829 von Amsterdam aus seine Reise antrat. Aber auch dieses Unternehmen war schnell wieder zu Ende. Nicht besser erging es einem in Kanada erbauten Ozeandampfer, der auf seiner ersten Fahrt nach London nur Kohlen für seinen eigenen Bedarf zu tragen vermochte. Das begründete zugleich die Unmöglichkeit, mit solchen Dampfschiffen irgendwelchen wirtschaftlichen Erfolg erreichen zu können.

Mehr Erfolg hatten bereits die beiden Ozeandampfer „Syrius“ und „Great Western“, die 6 Jahre später, 1838, auf dem Ozean erschienen. Sie waren in England erbaut und für den Verkehr mit New York bestimmt. Sie erregten in Amerika nicht minder großes Aufsehen als in Europa. Die Tageszeitungen erzählen, wie die ganze Stadt in ungewöhnlicher Aufregung den Dampfer erwartet habe. Überall war man sich bewußt, daß mit dem Erfolg dieses Unternehmens eine neue Epoche in der Geschichte der Ozeanschiffahrt

begonnen habe. Die Aussicht, mit Dampfschiffen in wesentlich kürzerer Zeit Europa und Amerika zu verbinden, wurde überall mit größter Freude aufgenommen. Die Kanonen der Forts begrüßten die Dampfer mit feierlichem Salut, die ganze Bevölkerung war unterwegs, die neuen Schiffe zu empfangen. Eine Flotte kleiner Fahrzeuge fuhr ihnen entgegen.

Der „Syrius“, mit 47 Reisenden an Bord, hatte 18 Tage zur Fahrt von Cork bis New York gebraucht. Der „Great Western“ hatte von Bristol aus in genau 16 Tagen New York erreicht.

Damit war auch die Ozeandampfschiffahrt aus dem Stadium des Versuchs in das der ersten praktischen Verwirklichung hineingewachsen. Aber noch Jahre vergingen, ehe die Technik Ozeandampfer herstellte, mit denen in dauerndem sicherem Betrieb sich auch wirtschaftlich bedeutende Vorteile erreichen ließen.

Schon 1840 wurde die erste, heute noch berühmte und mit an erster Stelle stehende Cunard-Linie als britisch-nordamerikanische königliche Dampfpacketgesellschaft gegründet. Im gleichen Jahre auch die Peninsular- and Oriental-Line, die den Dienst zuerst bis Gibraltar, dann bis Italien und China versah.¹⁾ 1842 hatte das erste Dampfschiff die Erde umfahren. Außerordentlich große Opfer hat die Ozeanfahrt verlangt, ehe es gelang, Schiffe und Maschine so zu bauen, daß sie auch den Unbillen der größten Stürme standhalten konnten.

Immer stärker wuchs mit dem Bedürfnis des Verkehrs die Dampferflotte aller Staaten und drängte das Segelschiff, das einst allein die Meere beherrscht hatte, immer weiter zurück. In wie großem Maße dies geschehen ist, zeigt Fig. 14.²⁾

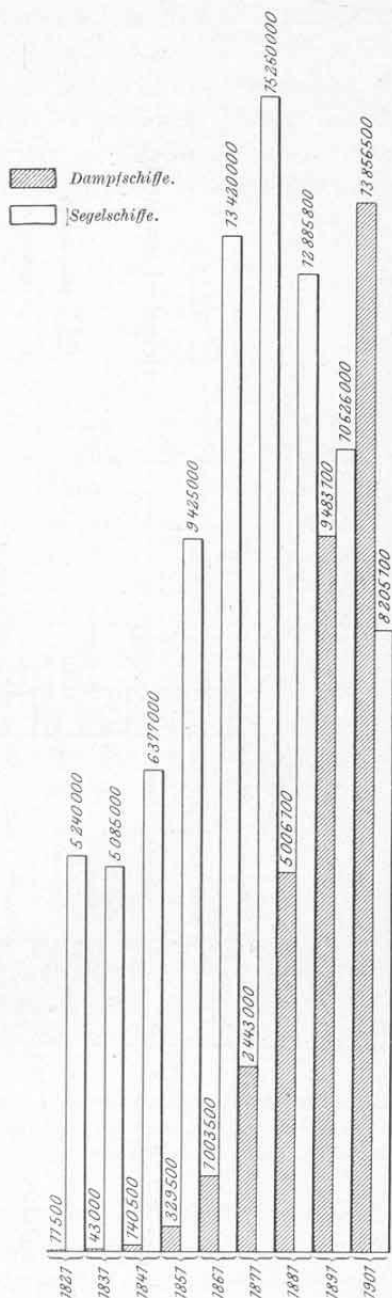


Fig. 14. Welthandelsflotte in Register-Tons 1821 bis 1901.

¹⁾ Z. d. Ver. d. Ing. 1892, S. 940 sind zehn der damals größten Dampfschiffahrtsgesellschaften aufgeführt, die zusammen 682 Dampfer im Betriebe hatten.

²⁾ Zahlenangaben für Fig. 14 bis 16 s. Statist. Jahrb. f. d. Deutsche Reich 1905.

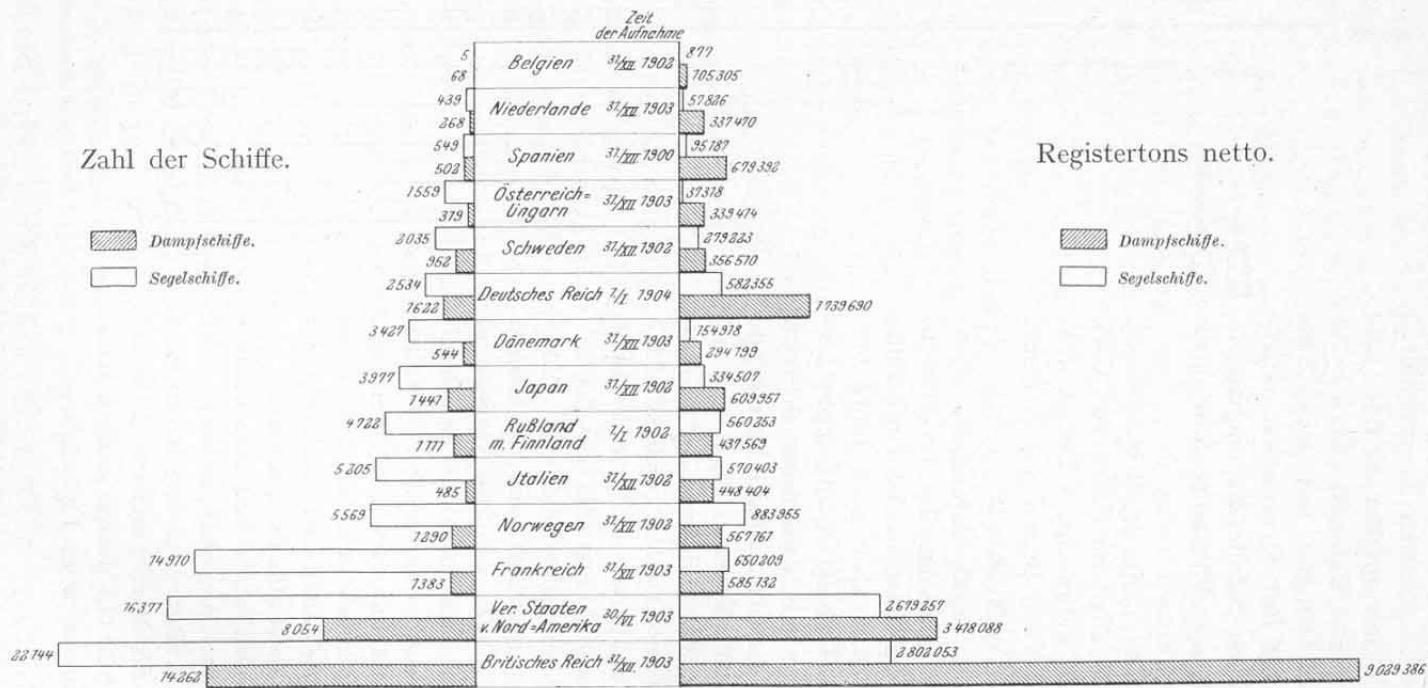


Fig. 15. Die Handelsflotte der Welt.

Wie sich die Dampfschiffe und Segelschiffe auf die wichtigsten Handelsstaaten verteilen, läßt Fig. 15 erkennen, während Fig. 16 die Zunahme des Dampfschiff-Raumgehalts für Deutschland darlegt.

Wie ungeheuer ist die Leistungsfähigkeit des Schiffes mit seinen Maschinen gewachsen! Das typische Segelschiff der früheren Zeiten, das den Verkehr auf dem Ozean besorgte, hatte etwa 500 t Gehalt und kostete etwa 50 000 M. Heute werden Seeschiffe von fast 40 000 t Wasserverdrängung ausgeführt und die gewaltigsten Schnelldampfer kosten fast 20 Mill. Mark. Noch mehr ist die Leistungsfähigkeit gestiegen. Die ersten Versuchsdampfboote des 18. Jahrhunderts haben Leistungen von 1, 2 und 3 PS, dann folgen Maschinenleistungen von vielleicht 10 und 20 PS. 1825 erwähnt man schon Dampfschiffe von 80 PS. 1853 war der größte Zylinder der Welt auf einem amerikanischen Dampfschiff „Metropolis“ eingebaut; er war 13 Fuß 8 Zoll (4,16 m) lang und hatte 105 Zoll (2667 mm) lichte Weite. Man war so stolz auf diese Leistung, daß man alles mögliche mit diesem Zylinder anstellte, ehe er eingebaut wurde. Als er noch auf der Erde lag, brachte man einen hölzernen Boden an, stellte Bänke und Tische darauf und freute sich, daß 22 Personen in dem Zylinder essen konnten. Man wollte aber auch sehen, wieviel darin stehen konnten, und hat es fertig gebracht, 101 Personen darin aufzustellen. Schließlich ist man sogar mit einem verdeckten kleinen Wagen und Pferd durch den Zylinder hindurch gefahren.¹⁾ Damit vergleiche man den ersten Zylinder Symingtons auf dem ersten Dampfboote in Europa 1788 von 4 Zoll (102 mm) Durchmesser. Mit diesem großen Zylinder brachte man es doch nur auf wenige hundert PS. Heute sind Schnelldampfer ausgeführt, die 40 000 PS zur Verfügung haben.

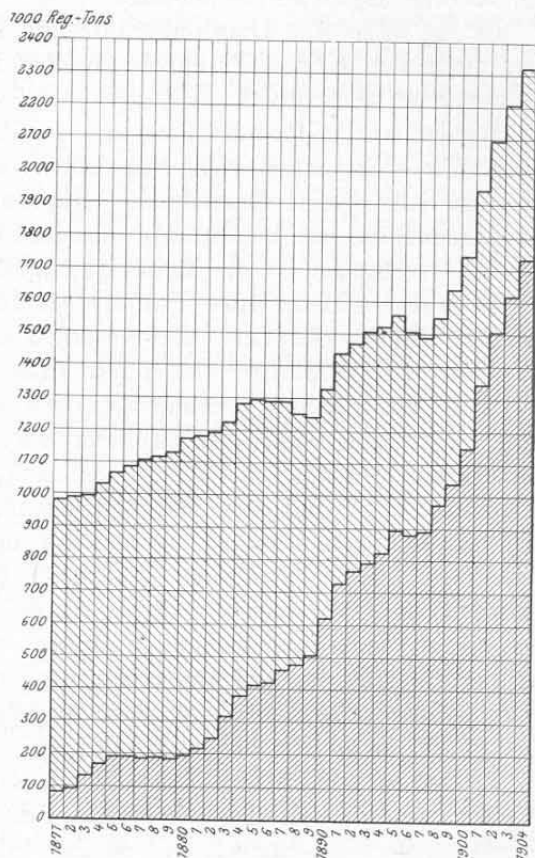


Fig. 16. Bestand der deutschen Handelsflotte nach dem Raumgehalt in Registertons von 1871 bis 1904. Die untere Fläche bezieht sich auf Dampf-, die obere auf Segelschiffe.

¹⁾ s. Hamel, Försters Allg. Bauztg. 1866, S. 119.

Die ersten Dampfer brauchten 25 Tage zur Überfahrt nach Amerika. 1855 fuhr der erste Dampfer in fast zehn Tagen durch den Ozean und heute ist der Weg von New York nach Plymouth bereits in 5 Tagen 7 Stunden und 48 Minuten zurückgelegt worden. Die „Deutschland“ erreichte hierbei eine durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit von 23,36 Knoten (43,2 km) stündlich. Ein riesiger Fortschritt, wenn man berücksichtigt, daß anfangs der 60er Jahre noch die besten Schiffe es nur bis auf etwa 12,5 Knoten (23,16 km) brachten.

Es lag nahe, die Dampfmaschine nicht nur den Handelsschiffen, sondern auch den Kriegsfahrzeugen zunutze zu machen. Auch hier reichen die Versuche weit zurück.

Wieder war es Robert Fulton, der den entscheidenden Schritt unternahm. Er hatte schon 1804 Napoleon vorgeschlagen, die Dampfkraft in die kaiserliche Marine einzuführen. Napoleon erkannte die hohe Bedeutung mit klarem Blick und beauftragte eine Kommission, die Pläne zu beurteilen.

Sehr verbreitet ist die Meinung, Napoleon habe nur Spott und Hohn für die abenteuerliche Idee Fultons gehabt und sie rundweg abgewiesen. Hamel widerspricht dem und veröffentlicht ein Schreiben Napoleons an den französischen Minister des Innern, das, wenn auch die Dampfschiffahrt hier nicht ausdrücklich genannt ist, doch auf nichts anderes sich beziehen kann. Napoleon wirft dem Minister vor, ihn zu spät auf Fultons Plan aufmerksam gemacht zu haben, „der imstande ist, das Ansehen der Welt zu verändern“. Und er wünscht dringend, daß sofort geeignete Männer sich mit der genauesten Untersuchung dieser Pläne befassen. Er fährt dann fort: „Eine großartige Wahrheit, eine tatsächliche, handgreifliche Wahrheit steht vor meinen Augen. Sache der betreffenden Herren wird es sein, sie zu sehen und sich zu bemühen, sie zu erfassen. Sobald Bericht darüber erstattet ist und Ihnen zugegangen sein wird, ist er mir zu übersenden. Sorgen Sie dafür, daß diese Angelegenheit in höchstens acht Tagen erledigt ist, denn ich bin ungeduldig.“

Leider ist der Entscheid der Kommission nicht bekannt geworden. Zur Ausführung eines Kriegsschiffes kam Fulton erst 1813, wo er dem Präsidenten vorschlug, mit einem von ihm erbauten Dampfer den Hafen von New York von der See aus zu verteidigen. Diese Dampferfregatte oder „schwimmende Batterie“, wie sie Fulton nannte, sollte 1,28 Mill. M. kosten. Das Schiff sollte auch in seiner Bewaffnung vollkommen von den bisherigen abweichen. Außer den Kanonen auf Deck wollte Fulton unterseeische Geschütze und Dampfstrahlen als Verteidigungsmittel benutzen.¹⁾

1814 wurde der Auftrag erteilt und der Kiel für dieses Fahrzeug in derselben Werft, die 1807 den „Claremont“ erbaut hatte, gelegt. Der Bau wurde durch den Krieg zwischen England und Amerika insofern sehr ver-

¹⁾ s. auch Schwarz-Flemming, Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbl. 1896, S. 323. und Hamel, Försters Allg. Bauztg. 1866, S. 99 u. 100.

zögert, als die Blockade die Baustoffe sehr verteuerte. Vor allem aber war an Schiffsbauarbeitern großer Mangel. Trotzdem konnte nach vier Monaten das Schiff vom Stapel gelassen werden, das von seinem Erbauer „Demologos“, ihm zu Ehren aber von der Regierung „Fulton the first“ genannt wurde. Es befriedigte durchaus, und Fulton selbst soll gesagt haben: „Ich würde — auch wenn es in meiner Macht stände — nichts daran ändern.“ Alle Welt feierte es als die gewaltigste Kriegsmaschine, die der menschliche Geist erdacht hat.

Am 1. Juni 1815 konnte das Schiff endlich, nachdem weitere größere finanzielle Schwierigkeiten überwunden waren, seine erste Probefahrt antreten; die Kommission stellte fest, „daß jede billige Erwartung dadurch erfüllt worden sei.“

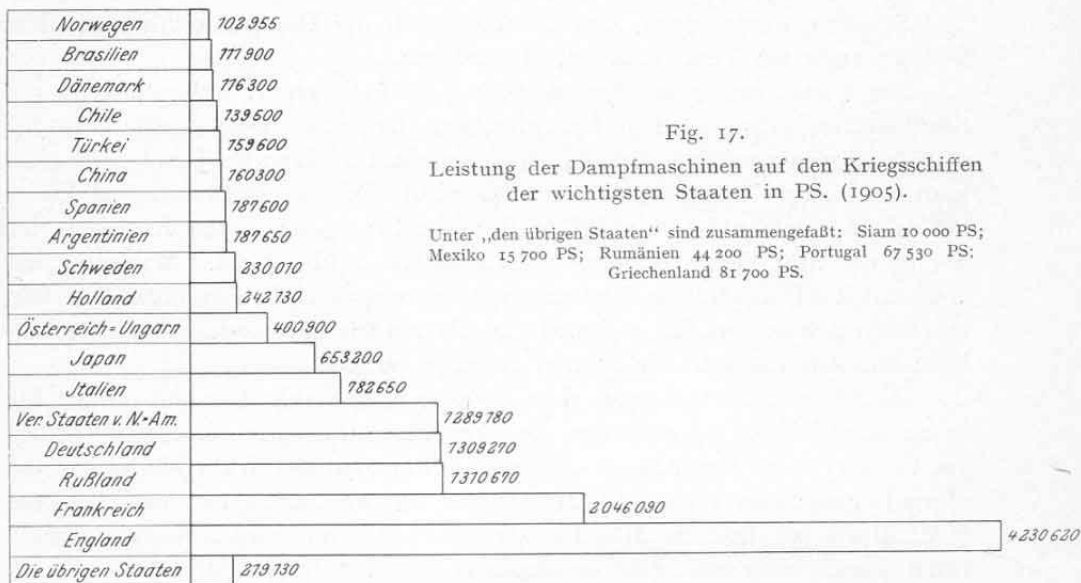


Fig. 17.

Leistung der Dampfmaschinen auf den Kriegsschiffen der wichtigsten Staaten in PS. (1905).

Unter „den übrigen Staaten“ sind zusammengefaßt: Siam 10 000 PS; Mexiko 15 700 PS; Rumänien 44 200 PS; Portugal 67 530 PS; Griechenland 81 700 PS.

New York hielt sich jetzt für „unverwundbar“, und man wünschte nur, jeder Hafen der Nation möge ein gleich furchtbares Verteidigungsmittel zur Verfügung haben. Man erkannte, daß mit „Fulton the first“ eine neue Epoche der Kriegskunst angebrochen war. Im Ernstfall ist dieses erste Kriegsdampfschiff nie benutzt worden; der Friede war am 24. Dezember 1814 geschlossen. Eine Pulverexplosion endigte 1829 den Lebenslauf dieses ersten Kriegsdampfers. 25 Menschen verloren dabei ihr Leben.

Es dauerte noch bis 1840, ehe die ersten Kriegsdampfschiffe im Ernstfalle sich zu bewähren hatten. Der Kriegschauplatz war Asien, und vier britische Raddampfer, voran der technisch besonders bekannt gewordene „Gorgon“, haben sich hier erfolgreich bei der Beschießung von Akka beteiligt und so wesentlich dazu beigetragen, die Stadt zu erobern. Von da an begann auch immer mehr auf dem Kriegsschiffe die Dampfkraft an die

Stelle der Windkraft zu treten, bis nach wenigen Jahrzehnten der Sieg zugunsten des Dampfes entschieden war. Welch außerordentlich große Kräfte heute in den Kriegsschiffen der einzelnen Staaten in Form der Dampfmaschine benutzt werden, zeigt Fig. 17.

B. Einführung der Dampfmaschine in den Landverkehr.

a) Der Dampfwagen auf den gewöhnlichen Straßen.

Der erste Dampfwagen von Cugnot. — Oliver Evans. — Weitere Versuche. — Trevithick. — Ausbeutung der Automobile. — Freunde und Feinde.

Gleichzeitig mit den ersten Versuchen, die Dampfkraft zum Bewegen von Schiffen auszunutzen, begann man auch die Dampfmaschine auf dem festen Lande als Verkehrsmittel einzuführen.

Ein französischer Artillerieoffizier: Josef Cugnot, erbaute 1769 auf Staatskosten einen kleinen Dampfwagen, der sich aber ebensowenig bewährte wie ein zweiter größerer Lastwagen, der im folgenden Jahre in Betrieb kam und zum Transport schwerer Geschütze dienen sollte. Seine Unbeholfenheit verschuldete einen Unfall schon bei seiner ersten Ausfahrt, bei der er die Standfestigkeit einer Mauer siegreich überwand. Man sah bald ein, daß die Entwicklung der Dampfmaschine noch nicht genügend weit vorgeschritten war, um für so schwierige Betriebsverhältnisse, wie sie der Verkehr auf den Landstraßen stellte, genügen zu können.

Dieser erste Dampfwagen aber ist uns, wohl dank dem Umstande, daß er zu staatlichen, kriegerischen Zwecken bestimmt war, erhalten worden. Im Conservatoire des Arts et Métiers in Paris in der früheren Kirche der alten Benediktiner-Priorei St. Martin des Champs steht an der Stelle des Hochaltars, wo fromme Mönche vor Jahrhunderten ihre Andacht verrichteten, heute jener mächtige unbeholfene Ahnherr des modernen Automobilgeschlechtes, wohl wert, auch heute noch bei einem Besuch in Paris nicht vergessen zu werden.

Zur selben Zeit beschäftigte sich in Nordamerika der berühmte Ingenieur Oliver Evans mit der Einführung der Dampfkraft in den Verkehr. Von 1772 an bemühte er sich, die von ihm erfundene Hochdruckdampfmaschine für Automobilzwecke zu verwenden. 1786 suchte er um ein Patent auf seinen Dampfwagen nach, wurde aber abgewiesen, da man seine Vorschläge für geradezu unvernünftig ansah. Man hielt es nicht der Mühe wert, sich mit solch phantastischem Problem zu beschäftigen. Erst elf Jahre später erhielt er das Patent, aber auch da vergaß man nicht, Zweifel an der Möglichkeit eines solchen Unternehmens besonders auszudrücken. Im Winter 1803/1804 gelang es ihm, die erste Straßenlokomotive in Gang zu bringen, von der berichtet wird, daß sie im „Angesicht von wenigstens 20000 Zuschauern durch die Straßen von Philadelphia bis zu

dem Schuylkill-Fluß gefahren sei“. Die Lokomotive war merkwürdig genug, es war ein Boot auf vier Rädern mit einem Schaufelrad am Heck, also ein Gerät, das auf dem Lande und im Wasser heimisch sein sollte; deshalb gab ihm der Erfinder den merkwürdigen Namen *Oructor amphibolis*. Die Maschine war eine seiner Hochdruckmaschinen mit einarmigem Balancier.

Im September 1804 überreichte Evans einer Speditionsfirma eine Übersicht über die Kosten und Vorteile des Verkehrs mit Dampfstraßenwagen. Er legte dabei einen Wagen zugrunde, der soviel leisten sollte, wie zehn fünfspännige Wagen; aber auch für diese Vorschläge scheint er wenig Verständnis gefunden zu haben, und einigermaßen enttäuscht tröstete er sich mit der philosophischen Betrachtung: „Bedenkt man die Hartnäckigkeit, die von seiten der meisten Menschen jedem Fortschritt entgegengesetzt wird, sieht man, wieviel es brauchte, um von schlechten Straßen auf Chausseen, von Chausseen auf Kanäle, von Kanälen auf Eisenbahnen zu kommen, so scheint es töricht, zu erwarten, daß man in einem Wundersprung von schlechten Straßen auf Dampfswagen gelangen kann. Ein Schritt vorwärts in einer Generation ist alles, was man hoffen kann.“ Von der Bedeutung der Anwendung der Dampfkraft auf den Verkehr überzeugt, prophezeite er: „Ich zweifle nicht, daß meine Maschinen noch die Boote auf dem Mississippi stromaufwärts treiben und auf den Straßen, dem Lande zum Nutzen, verkehren werden. Es wird eine Zeit kommen, wo man in Dampfswagen von einer Stadt zur anderen fast so schnell, wie die Vögel fliegen, reisen wird. Am Morgen wird ein Wagen aus Washington abgehen, dessen Insassen an demselben Tage in Baltimore frühstücken, in Philadelphia zu Mittag und in New York zu Abend speisen werden.“

Andere folgten diesem kühnen Vorkämpfer, anfangs aber fast stets mit gleich geringem Erfolg. So der Amerikaner Nathan Read, der sich von 1788 an mit Dampfswagen beschäftigte. Auch Watt hatte in seinem allumfassenden Dampfmaschinenpatent den Dampfswagen nicht vergessen, ohne jedoch daran zu denken, ihn auszuführen.

Auch der Betriebsingenieur Watts, der stets ernste, schweigsame Murdock, hatte sich in seinen Mußestunden einen kleinen Dampfswagen, ein Spielzeug, gebaut, an dessen lustigen flinken Bewegungen er und seine Mitarbeiter sich wohl oft ergötzen.

Sehr bedeutsame Erfolge auf diesem Gebiete verdanken die Dampfmaschinen erst dem genialen englischen Konstrukteur Richard Trevithick. Er wies nach, daß es möglich sei, mit einem Dampfswagen auf gewöhnlichen Straßen sogar Steigungen zu überwinden. Zuerst fuhr Trevithicks „Feuerdrache“ auf den einsamen Straßen Cornwalls, dann aber zu Schiff nach London übergeführt, wurde er dort auch dem großen Publikum bekannt und erregte bei den hervorragendsten Männern ein berechtigtes Aufsehen.

Damit war die technische Möglichkeit einwandfrei nachgewiesen, noch aber wußte man nicht, ob sich wirtschaftliche Vorteile daraus schon jetzt ergeben könnten. Die einen sahen voller Hoffnungsfreude bereits überall

auf Straßen und Wegen die Pferde durch Dampfkraft ersetzt, die anderen waren ebenso fest überzeugt, daß niemals diese Zeit kommen könne, und waren zum Teil sogar bereit, mit allen Kräften es zu verhindern, daß der Dampfwagen nun auch die großen Straßen unsicher mache.

Nach dem Erfolge Trevithicks begannen sich jetzt viele Erfinder mit der weiteren technischen Durchbildung des Dampf wagens zu beschäftigen. Groß waren noch die technischen Schwierigkeiten, die damals von ihnen auch nur zum Teil überwunden wurden. Aber immerhin sind ihre Erfolge höchst beachtenswert, und wohl nur durch die weit größeren Erfolge der Dampfisenbahn sind sie so in den Hintergrund gedrängt worden, daß sie heute fast vergessen sind. Über die Art und Weise, wie u. a. Gurney und Hancock diese Aufgabe zu lösen suchten, ist im zweiten Teil ausführlicher berichtet.

Hier sei noch kurz auf die äußeren Begleitumstände der ersten Einführung der Dampfkraft in den Landverkehr hingewiesen, die kulturgeschichtlich auch deshalb höchst interessant erscheinen, weil ähnliche Erscheinungen heute wieder bei dem siegreichen Vordringen des Automobils sich bemerkbar machen.

In England hatten die Automobile die größte Verbreitung gefunden. 1830 gab es bereits 26 Dampf wagen in London, und in ganz England sollen schon vor 70 Jahren 100 Dampf wagen vorhanden gewesen sein. In dem Straßenbild Londons begannen die Dampf wagen zu gewohnten Erscheinungen zu werden. Eine Anzahl Gesellschaften hatte sich gebildet, um regelmäßige Postfahrten zwischen London und seinen Vororten und zwischen anderen verkehrsreichen Orten des Landes ins Leben zu rufen.

Auch in Brüssel und Paris sah man ebenfalls dieselben Verkehrsmittel auf den Straßen und hoffnungsfrohe Automobilbesitzer planten bereits Lustfahrten quer durch Europa. In Deutschland, in München dachte der berühmte Ingenieur v. Reichenbach daran, einen Dampf wagen zu konstruieren, mit dem er, wie seine begeisterten Verehrer berichteten, in 50 Stunden von München nach Wien fahren wollte.

Die Öffentlichkeit beschäftigte sich äußerst lebhaft mit dem neuen Verkehrsmittel, die Zeitungen brachten ausführliche Berichte und suchten die öffentliche Meinung über die Vorteile oder Nachteile der Dampf wagen aufzuklären. Die Gegner zählten mit boshafter Ausführlichkeit alle Mißerfolge und Unglücksfälle der Dampf wagen auf und riefen nach der Polizei zum Schutze des friedlichen Staatsbürgers. Witzblätter zeigten drastisch die vielen Gefahren, die dem Fußgänger durch das neue Verkehrsmittel drohten.

Die Freunde des Automobils wiesen besonders auf die volkswirtschaftliche Bedeutung hin. In Großbritannien und Irland würden im Handelsverkehr allein etwa 2 Mill. Pferde gebraucht. Von dem Ertrag einer Bodenfläche, die das Futter für ein Pferd liefere, könnten sich 8 Menschen ernähren; also könnten durch Ersatz der Pferde, die allein dem Handel

dienen, die Daseinsbedingungen für 16 Mill. Menschen geschaffen werden. Damit würde die Gefahr einer Übervölkerung, eine Sorge, die damals unter Malthus' Einfluß besonders auf der Tagesordnung war, in weite Zukunft gerückt.

Ferner wurde auf die jedes feinere Empfinden so verletzende Tierquälerei aufmerksam gemacht, die sich nur durch Einführung des Automobils gründlich beseitigen lasse. Die Gegner wieder fragten entrüstet, was aus all den Fuhrleuten und Eilwagenbesitzern werden solle; sie hielten die Steigerung des Verkehrs keineswegs für wünschenswert und wollten sich im Althergebrachten nicht stören lassen.

Es blieb aber nicht bei den akademischen Erörterungen in den Zeitungen. Auf den Straßen wurden die ersten Automobile vielfach von leidenschaftlich erregten Volksmengen umringt, die johlend und pfeifend die Fahrer verhöhnten und kaum dem langsamfahrenden Wagen den Weg freiließen. Die anderen Gefährte wichen nur widerwillig aus und schienen es oft auf einen Zusammenstoß abzusehen, bei dem das Volk stets gegen das Automobil Partei nahm. Auf den Landstraßen kam es wohl auch zu Steinwürfen und nicht selten hatten die Wegeaufseher im Verein mit den Fuhrleuten die Wege ganze Strecken lang aufgerissen und durch Holz und Eisenstücke so unwegsam gemacht, daß auch die Eilkutschen stecken blieben. Groß war dann die allgemeine Freude, wenn dem kühnen Automobilfahrer bei dem Versuch, das Hindernis zu nehmen, ein Maschinenteil brach und Pferde das verhaßte Fahrzeug zur nächsten Werkstatt schaffen mußten.

Die Gesetzgebung griff ebenfalls ein. Über 50 Lokalgesetze sollen entstanden sein, durch die den Automobilen Schlagbaumabgaben auferlegt wurden, oft in einer Höhe, die einem Verbot vollkommen gleichkamen. Auf einer viel befahrenen Landstraße verlangte man bei einem Schlagbaum, und deren waren gewiß nicht wenig, 40 Mk.

Gegen diesen Unfug wehrten sich die Fabrikanten und Automobilbesitzer und setzten es durch, daß sich 1831 eine Kommission des englischen Unterhauses monatelang mit dem Dampfswagen beschäftigte. Das Ergebnis war für die Automobile sehr günstig; der sehr ausführliche Bericht stellte fest:

1. Dampfswagen auf den Landstraßen lassen sich mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 10 Meilen (16 km) stündlich betreiben.
2. Sie können bei dieser Geschwindigkeit 14 Fahrgäste befördern.
3. Ihr betriebsfertiges Gewicht ist unter 3 t.
4. Bedeutende Steigungen können in beiderlei Richtung leicht und sicher überwunden werden.
5. Die Fahrgäste sind in keiner Weise gefährdet.
6. Diese Dampfswagen, wenn richtig erbaut, stören oder belästigen durchaus nicht das Publikum.

7. Dampfbetrieb ist schneller und billiger als Pferdebetrieb.
8. Die Wege werden durch die hier angewandten breiteren Radkränze mehr geschont.

Aber nicht nur gegen Fuhrherren und Pferdebesitzer hatte der Dampfswagen zu kämpfen, er fand vor allem in der Lokomotiveisenbahn den gefährlichsten Wettbewerber. Anfangs allerdings glaubte man, die Eisenbahn würde sich nie einführen können, da ihre ganze Anlage zu riesige Geldmittel erforderte. Die ungeheuren Vorteile aber, die sich mit Eisenbahnen erreichen ließen, halfen auch bald über diese Sorge hinweg. Die Frage: Lokomotiveisenbahnen oder Automobile auf gewöhnlichen Straßen? wurde zu Gunsten der ersteren entschieden. Das Automobil mußte auf den Massentransport und auf den Fernverkehr verzichten. Es blieb ihm aber noch ein großer Wirkungskreis im Vorortverkehr der Großstädte und im Zwischenverkehr der Orte, die eine Eisenbahn noch nicht lohnend erscheinen ließen. Diese Entwicklungsmöglichkeit vernichtete in England der Gesetzgeber durch jenes berüchtigte, erst 1895 wieder aufgehobene Gesetz, wonach 100 m vor jedem „pferdelosen Wagen“ ein Mann mit einer roten Fahne hergehen mußte, um vor dem Nahen des gefährlichen Fahrzeugs zu warnen. Dabei war die Höchstgeschwindigkeit auf 4 km festgesetzt. Wer es eilig hatte, konnte von da an ein Automobil in England nicht mehr benutzen. An dessen Stelle trat in unerwartet großem Umfange die Lokomotive.

b) Die Lokomotiveisenbahn.

Anfänge der Spurbahn. — Trevithicks erste Lokomotive. — Stephenson. — Der Lokomotivwettkampf zu Rainhill. — Weitere Entwicklung. — Ausbreitung der Eisenbahnen.

Eine der Hauptschwierigkeiten bei den Dampfswagen, die auf gewöhnlichen Straßen laufen sollten, lag in der schlechten Beschaffenheit der Wege. Die Reibungswiderstände, die hierbei überwunden werden mußten, waren außerordentlich, und den gewaltigen Erschütterungen, denen auf den schlechten Straßen Wagen und Maschine ausgesetzt waren, war schließlich auch die beste Dampfmaschine auf die Dauer nicht gewachsen.

Die großen Vorteile, die sich durch verbesserte Weganlagen erreichen ließen, waren schon lange bekannt. Schon im Altertum wurden Wege mit Steinblöcken belegt, um schwer belastete Wagen leichter fortziehen zu können. In Deutschland scheint man schon im frühen Mittelalter in den Grubenbezirken auch Schienenwege angewendet zu haben. Zuerst aus Steinen und Holz, später erst aus Eisen hergestellt, gaben sie dem Wagen eine gleichmäßig feste Unterlage, verminderten den Widerstand und erhöhten dadurch in sehr erheblicher Weise die Nutzleistung.

Im Anfang des 19. Jahrhunderts waren in England bereits in den Gruben- und Hüttenbezirken zahlreiche Eisenbahnen vorhanden, auf denen der Verkehr gewöhnlich durch Pferde bewirkt wurde. Auch Menschenkraft

wurde wohl als Betriebskraft dieser ersten Eisenbahn ausgenutzt, und vielfach wurde die Schwerkraft insofern herangezogen, als man durch den abwärtsgehenden Wagenzug den aufwärtsfahrenden Zug hinaufziehen ließ. Als sich die Dampfmaschine als Betriebsmaschine in die verschiedensten Betriebe einzuführen begann, machte man sie bald auch für diese Zwecke verwendbar und ließ durch feststehende Dampfmaschinen die Züge ziehen.

Ihre große Verkehrsbedeutung aber gewann die Eisenbahn erst mit der Einführung der Lokomotive.

Wieder gebührt R. Trevithick das Verdienst, den ersten Dampfwagen auf eisernen Schienen in Betrieb gesetzt zu haben. 1804 wurde die von ihm erbaute erste Eisenbahnlokomotive für Güterverkehr auf einer Grubenbahn in Wales in Betrieb gesetzt. Die gußeisernen Schienen aber brachen unter dem ungewöhnlichen Gewicht, und noch hielt man es wirtschaftlich nicht geraten, einen kräftigeren Oberbau, der einen Lokomotivbetrieb zugelassen hätte, auszuführen.

Auch die anderen Versuche Trevithicks, schon damals die Dampfeisenbahn dem Verkehr dienstbar zu machen, scheiterten.

Nicht viel besser ging es anderen Ingenieuren, die damals auf Grubenbahnen den Dampftrieb einführen wollten; bis es endlich der zähen Ausdauer und dem mechanischen Geschick eines George Stephenson gelang, endgültig in großem Umfang Lokomotiven zu verwenden. Es ist bemerkenswert, wie auch hier das dringende praktische Bedürfnis das Entstehen der Lokomotive außerordentlich begünstigt hat. Stephenson selbst hatte durch seine Stellungen in großen bergbaulichen Betrieben die Vorteile richtig erkannt, die sich durch Einführung einer leistungsfähigeren Betriebskraft, als Pferde und Menschen liefern, erreichen lassen mußten. Er hatte sich mit den Arbeiten seiner Vorgänger vertraut gemacht, die Lokomotiven, die auf einigen Gruben bereits im Betrieb waren, sorgfältig studiert und war dann zu der Überzeugung gekommen, daß er selbst imstande wäre, noch bessere Lokomotiven zu bauen. Da er kapitalkräftige Unterstützung fand, so konnte er 1814 bereits seine erste Lokomotive in Betrieb setzen. Einige andere einfache Grubenlokomotiven folgten.

Für die weitere Entwicklung des Eisenbahnwesens wurde besonders die Stockton-Darlington-Eisenbahn bedeutungsvoll, der es oblag, die Kohlenschätze der Grafschaft Durham zur Nordsee zu führen. Als Stephenson 1823 Ingenieur dieser wichtigen Bahnlinie wurde, zogen Pferde die Wagen. Stephenson trat sehr entschieden für die Lokomotive ein und konnte sich hier schon auf die Erfahrungen berufen, die er mit seinen selbst-erbauten Lokomotiven gemacht hatte. Ein Teilhaber an den Kohlengruben, Edward Pearse, unterstützte ihn und stellte ihm auch zusammen mit Thomas Richardson 1000 £ zur Verfügung, um eine Lokomotivfabrik in Newcastle zu gründen. So entstand 1824 die erste und lange Zeit berühmteste Lokomotivfabrik der Welt. Drei Lokomotiven wurden bestellt und die erste am 27. September 1825 in Betrieb gesetzt.

Heute ist diese geschichtlich denkwürdige Lokomotive als dauerndes Denkmal der bedeutsamen Zeit am Bahnhof von Darlington aufgestellt. Anfangs diente auch diese Lokomotive ausschließlich dem Güterverkehr. Die Personenwagen wurden noch durch Pferde gezogen. Dann richtete man auch gemischte Personen- und Güterzüge ein, und bald darauf ging man dazu über, besondere Personenzüge mit größerer Geschwindigkeit einzuführen.

So bedeutsam auch diese Eisenbahnlinie für Englands Eisenbahngeschichte schon ist, die Aufmerksamkeit der ganzen Welt zog erst die Eisenbahnlinie Liverpool—Manchester auf sich. Hiermit trat die Eisenbahn aus dem engeren Verwendungsgebiet des Bergbaues hinaus, hier sollte sie zwei der wichtigsten Hauptstellen des mächtigen englischen Handels verbinden. Dieses wichtige Unternehmen war anfangs den heftigsten Angriffen ausgesetzt, die sich zuweilen auch bis zu Gewalttätigkeiten steigerten. Die Grundeigentümer und Omnibusbesitzer verstanden es, die Bewohner aufzuhetzen, daß sie mit Stöcken und Steinen die Feldmesser verjagten. Aber auch hier blieben diese Angriffe nur Zwischenfälle, die den endgültigen Sieg des Unternehmens nicht aufzuhalten vermochten. Die Eisenbahn wurde genehmigt, und nur die Frage der Betriebsart blieb noch offen. Pferdebetrieb schien das sicherste zu sein, und nur wenige wollten von einer anderen Betriebsart etwas wissen.

Berühmte englische Ingenieure sprachen zugunsten von ortsfesten Maschinen. Die Linie sollte in 19 Teile von je 2,4 km Länge eingeteilt und 21 ortsfeste Maschinen aufgestellt werden. Obwohl sie selbst von den außerordentlich hohen Betriebskosten überzeugt waren, glaubten sie doch, diese Betriebsart allein empfehlen zu können, weil nur so vollständige Betriebssicherheit zu erreichen wäre. Stephenson trat fast allein für Lokomotiven ein. Er behauptete, er könne eine Lokomotive bauen, die 20 Meilen (32,2 km) in der Stunde zurücklegen könne, worauf die „Quarterly Review“, deren Verfasser übrigens durchaus der Anwendung der Lokomotiven günstig gegenüberstand, die später so berühmt gewordenen Worte erwiderte: „Was kann wohl handgreiflich lächerlicher und alberner sein, als das Versprechen, eine Lokomotive für die doppelte Geschwindigkeit der Postkutschen zu bauen! Ebenso gut könnte man glauben, daß die Einwohner von Woolwich sich auf einer Congreveschen Rakete abfeuern ließen, als daß sie sich einer solchen Maschine anvertrauen würden!“

Aber Stephenson setzte es durch, daß wenigstens ein Versuch mit den Lokomotiven gemacht wurde, und die Gesellschaft beschloß deshalb, einen Preis von 500 £ auf eine Lokomotive auszusetzen, die den von ihr gesetzten Forderungen gerecht werden konnte. Die Bestimmungen wurden in kurzer Zeit überall verbreitet und allerorts begann man sich eifrig für den ausgeschriebenen Wettbewerb zu interessieren. Gar mancher hoffte den Preis zu erringen.

Am 1. Oktober 1829 sollte bei Rainhill auf einer vollkommen ebenen Strecke von über 3 km Länge der Wettbewerb zum Austrag kommen.



George Stephenson

geb. 8. Juni 1781, gest. 12. Aug. 1848

20 mal sollten die Lokomotiven diese Strecke durchlaufen, was der gesamten Eisenbahnlänge zwischen Liverpool und Manchester etwa entsprach. Der Termin wurde dann auf den 6. Oktober verschoben. Nur vier Lokomotiven erschienen auf dem Platz, um den Wettbewerb aufzunehmen. Eine große Schar von Zuschauern und bedeutenden Fachmännern auch von außerhalb Englands, auch aus Amerika, waren herbeigeeilt, um Zeuge der Wettfahrt zu sein. Die Ergebnisse, die mit einem glänzenden Sieg von Stephensons „Rocket“ endigten, sind oft erzählt worden. Durch sie wurden auch die kühnsten Hoffnungen der Lokomotivfreunde weit übertroffen. Eine Höchstgeschwindigkeit von 56 km wurde erreicht.

Am 15. September 1830 konnte dann die ganze Linie in feierlicher Weise dem Verkehr übergeben werden. Mit diesen Tagen beginnt der moderne Eisenbahnverkehr. Denn damit wurde auf einer bedeutenden Eisenbahn zuerst durch Lokomotiven der Personen- und Güterverkehr in regelmäßiger Weise übernommen. Ein geringfügiger Zusammenstoß zweier Züge, der große Bedeutung aber nicht hatte, und ein Eisenbahnunglück, bei dem der hochgeachtete englische Nationalökonom Huskisson, allerdings durch eigene Unvorsichtigkeit, sein Leben einbüßte, zeigten schon am Eröffnungstage auch die Gefahren der neuen Betriebsweise. Am 17. September 1830 begann der regelmäßige Verkehr zunächst mit drei Zügen täglich. Am 10. November begann auch die Post, Eisenbahnen zu benutzen. Zwei Jahre später fuhren in jeder Richtung bereits 10 Personenzüge.

In den 30er Jahren begannen die meisten großen Städte sich bereits eifrigst mit der Eisenbahnfrage zu beschäftigen. Außerordentlich schnell steigerte sich der Verkehr unter dem Einfluß der Eisenbahn, er belebte Industrie und Handel in vorher nie gekannter Weise. 1830 betrug die Eisenbahnlänge 381 und 1850 bereits über 38000 km und heute durchfahren Lokomotiven eiserne Schienenstrecken, deren Länge mehr als das 19fache des Erdumfanges betragen. Und die Zahl der Lokomotiven, die heute auf diesen ungeheuren Strecken den Betrieb unterhalten, wird auf mehr als 130000 geschätzt.

Schon 1864 arbeiteten allein in England 6000 Lokomotiven, in Preußen 1862 1500, 1888 8882, 1905 15 074 mit über 7,5 Mill. PS.

1889 schätzte man den Eisenbahnverkehr der ganzen Erde auf etwa 3000 Millionen Personen und 1600 Mill. Tonnen Güter. Das heißt: täglich wurden schon vor 17 Jahren auf den Eisenbahnen der Erde nahezu 8 Mill. Personen und 4,5 Mill. Tonnen Güter durch die Dampfmaschine gefördert. Die Gesamtanlagekosten aller Eisenbahnen wurden 1889 auf über 128 Milliarden Mark geschätzt.

Aber welche ungeheuren technischen Schwierigkeiten waren von den bescheidenen Anfängen bis zu den heutigen gewaltigen Leistungen des neuen Verkehrs zu überwinden! Welch riesige neue Aufgaben waren von der Technik zu lösen! Aus kleinen Verbindungsstrecken verkehrsreicher Orte wuchsen sie zu einem immer gewaltigeren, die ganze Erde umschlingenden

Netz aus, durchkreuzten die Kontinente und überwältigten auch die größten natürlichen Hindernisse; sie stiegen gewaltige Bergketten hinan bis zu fast 5000 m Höhe oder drangen in viele Kilometer langen Tunneln durch die riesigen Steinmassen der größten Bergzüge. Zahllose Brücken ermöglichten es, sie auch über die machtvollsten Ströme hinwegzuführen. Unter den verschiedensten klimatischen Verhältnissen erbaut, bedient und benutzt von Angehörigen der verschiedensten Völkerschaften, wurde die Eisenbahn je länger, je mehr zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel des heutigen Verkehrs.

Besser als lange Zahlenreihen zeigen die folgenden Darstellungen, wie heute Eisenbahn und Lokomotive die Welt erobert haben.

Fig. 18 zeigt, wie weit heute, was die Länge der Eisenbahnen anbelangt, Amerika den anderen Erdteilen voran ist.

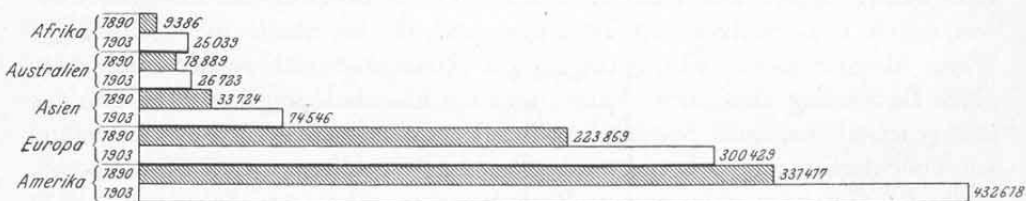


Fig. 18. Länge der Eisenbahnen der Welt in km 1890 und 1903.

Aufschluß über die Dichte der Eisenbahnnetzes, auf Bodenfläche und Einwohnerzahl bezogen, geben die Fig. 19 und 20.¹⁾

In Belgien und Sachsen sind die Maschen des eisernen Netzes am engsten; in Schweden kommen die meisten Eisenbahnkilometer auf die Einwohnerzahl. Der Vergleich der beiden Figuren läßt erkennen, wie weit die einzelnen Staaten bereits mit Eisenbahnen gesättigt sind.

C. Die Wirkungen der Dampfkraft als neue Verkehrsmacht.

Furcht und Hoffnung. — Eindruck des neuen Verkehrsmittels. — Bedeutung des neuen Verkehrs an Hand von Verkehrsbeispielen aus früherer Zeit. — Kosten des Reiseverkehrs früher und heute. — Zeitersparnis. — Allgemeine Wirkung der Eisenbahnen.

Wie wurde das Eindringen der Dampfkraft in den Verkehr von den Menschen aufgenommen und in welchem Maßstab veränderte die neue Naturkraft die vorhandenen Verhältnisse?

Die Männer, die es sich zur Aufgabe stellten, die Dampfmaschine in den Verkehr einzuführen, hatten nicht nur mit den Schwierigkeiten, die eine vom Menschen unabhängige Naturkraft verursachte, zu kämpfen, sondern auch mit der Kurzsichtigkeit ihrer Zeitgenossen. Nur langsam konnte das Verständnis der gesamten öffentlichen Meinung für die Eisenbahn sich

¹⁾ Zahlenangaben s. Statist. Jahrb. f. d. Deutsche Reich 1905.

Verteilung auf je 100 qkm Bodenfläche

Verteilung auf je 10 000 Einwohner

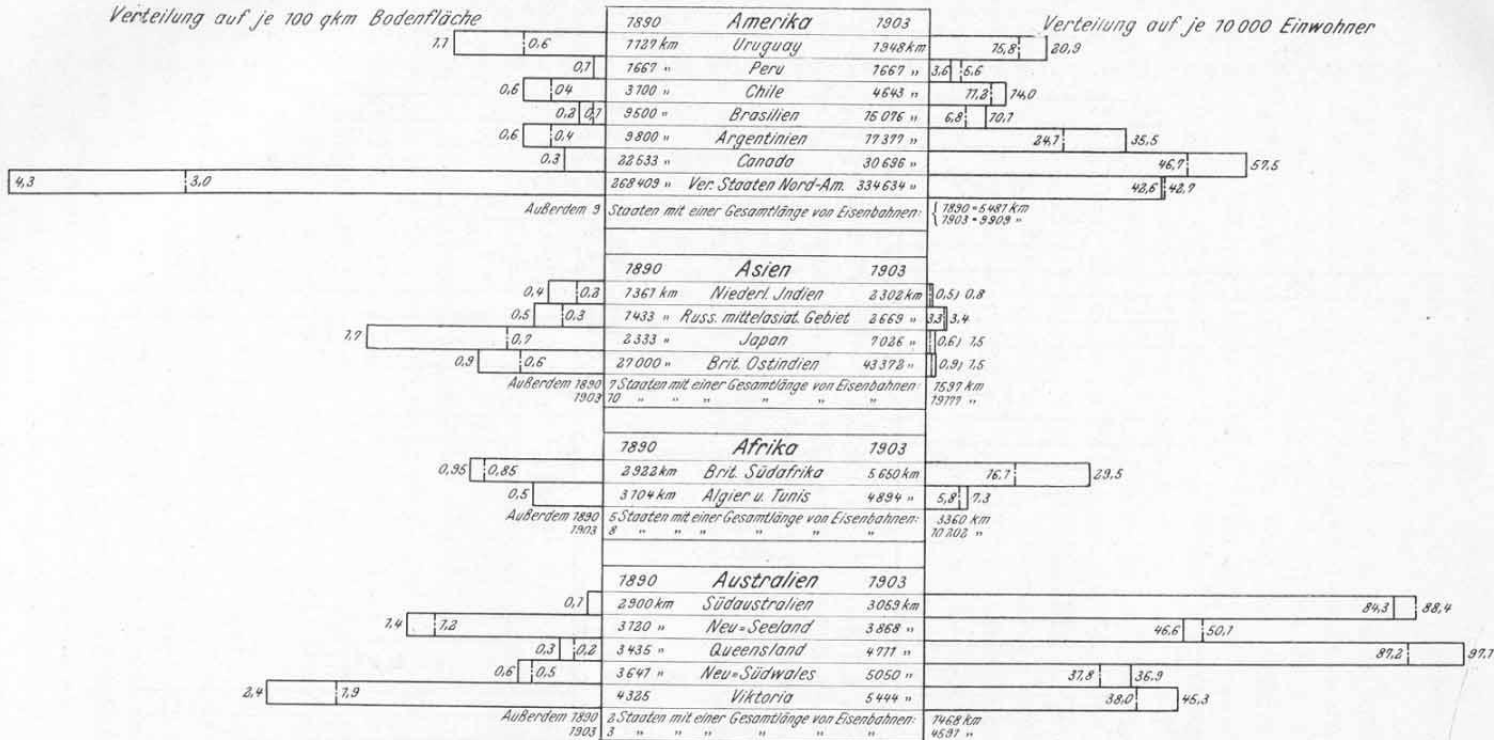


Fig. 19. Verteilung der außerhalb Europas Ende 1890 und 1903 im Betriebe befindlichen Eisenbahnen.

Die Gesamtlängen der 1890 bzw. 1903 im Betriebe befindlichen Eisenbahnen sind neben den Namen der Staaten eingetragen.

Die Zahlen neben der strich-punktiierten Linie beziehen sich auf das Jahr 1890.

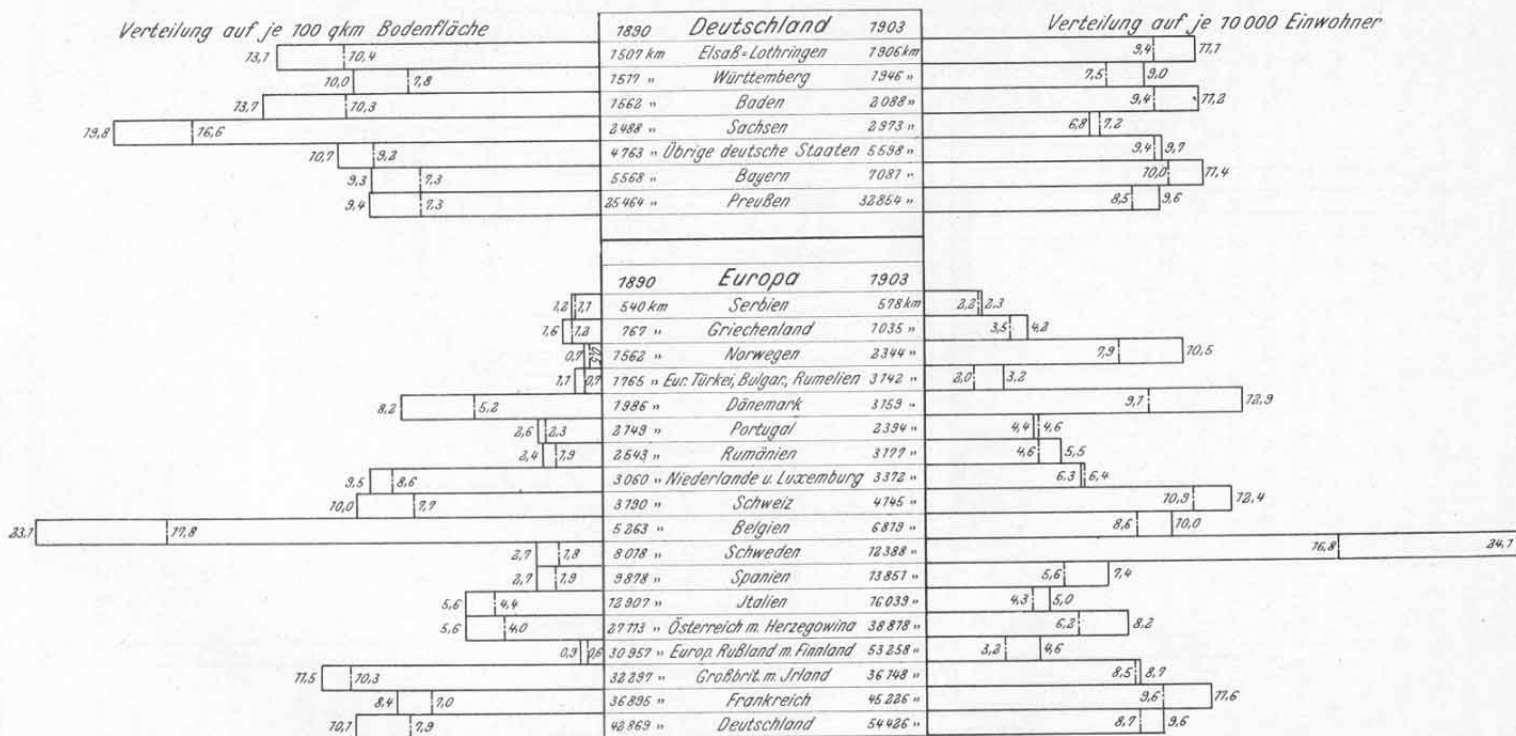


Fig. 20. Verteilung der in den einzelnen Staaten Deutschlands und Europas Ende 1890 und 1903 in Betrieb befindlichen Eisenbahnen.

Die Gesamtlängen der 1890 bzw. 1903 im Betriebe befindlichen Eisenbahnen sind neben den Namen der Staaten eingetragen.

Die Zahlen neben der strich-punktiierten Linie beziehen sich auf das Jahr 1890.

entwickeln. Am meisten überzeugten noch die zahlenmäßigen Belege von riesigen Verkehrssteigerungen, von den ungeheuren Vorteilen, die die Eisenbahn auf Handel und Verkehr ausübte.

Anfangs glaubte man, daß die vorhandenen Straßen und Posten, für die man so außerordentlich viel Geld ausgegeben hatte, noch lange für das Verkehrsbedürfnis ausreichen würden. Man hielt es im hohen Grade für unwirtschaftlich, andere Einrichtungen, die noch weit höhere Geldsummen erforderten, ins Leben zu rufen. Hohe Staatsbeamte hielten im Anfang des 19. Jahrhunderts die Eisenbahn für ein höchst beschränktes und untergeordnetes Verkehrsmittel, andere sogar nur für ein Spielzeug, das nie ernstlichen Zwecken dienen könne, für eine Mode, die bald wieder verschwinden werde. Rein fiskalisch gab man zu bedenken, daß die Chausseeinnahmen durch die Eisenbahnen verringert und sogar die Erträge der staatlichen Post durch sie vermindert werden könnten. Als man die Vorteile der Eisenbahn in England nicht mehr leugnen konnte, da behauptete man doch in Deutschland und anderen Ländern, daß nur in England die Eisenbahn sich eigne, und daß kein anderes Land so hohe Geldmittel, wie sie die Eisenbahn erforderte, aufwenden könne.

Als der große deutsche Industriebegründer Friedrich Harkort entschieden für die Eisenbahn eintrat und auf 50 bis 100 Fahrgäste täglich rechnete, verspottete man seine „tollen Phantasien“, und als er gar behauptete, der Verkehr der Eisenbahn würde den der Post um das sechsfache übertreffen, baten ihn auch seine Freunde, solche „maßlosen Übertreibungen“ zu unterlassen.

Ärzte befaßten sich mit den gesundheitlichen Einwirkungen der Eisenbahnen auf das Publikum und gaben sogar ein Gutachten dahin ab, daß der Dampfbetrieb bei den Reisenden wie bei den Zuschauern unfehlbar schwere Gehirnerkrankungen erzeugen würde. Sie empfahlen, die Eisenbahn zum Schutz friedlicher Fußgänger wenigstens mit hohen Bretterzäunen zu umgeben.

Aber alle diese Bedenken räumte der von Tag zu Tag sich steigernde Erfolg aus dem Weg, und schließlich kamen auch die größten Gegner des Eisenbahnwesens zu der Überzeugung, die 1838 bei der Eröffnung der Berlin-Potsdamer Bahn der damalige Kronprinz, spätere König Friedrich Wilhelm IV. in die Worte faßte: „Diesen Karren, der durch die Welt rollt, hält kein Menschenarm mehr auf!“

Die Entwicklung hatte zugunsten der Eisenbahn entschieden. Wie selbstverständlich ist uns heute die Eisenbahn! Die Urteile der früheren Zeit, die sich gegen die Eisenbahnen aussprachen, erscheinen uns heute — nach noch nicht drei Menschenaltern — so kurzsichtig und engherzig, und doch gehörten zu jenen Gegnern gewiß durchaus urteilsfähige Männer, die fest von der Richtigkeit ihrer Ansicht überzeugt waren. Wie einzigartig, wie weit entfernt von allem bisher Dagewesenen mußte die Dampfeisenbahn sein, wenn sie zu Urteilen führen konnte, die heute scherzhaft

klingen. Wiederholt sich aber nicht bis zu unserer Zeit dieses kurzsichtige Verurteilen, wenn es sich um große technische Fortschritte handelt, die unbekannte Gebiete eröffnen? Die Geschichte des Telephons, die Entdeckung der Röntgenstrahlen, das Bessemerverfahren und anderes mehr haben nicht minder ungläubiges Kopfschütteln, Spott und herbe Verurteilung erfahren, als die Eisenbahn und ihre Lokomotive.

Neben denen aber, die es nicht fertig brachten, über die Grenzpfähle, die das Althergebrachte von dem noch nie Dagewesenen trennen, hinwegzusehen, fehlte es auch nicht an Männern, vor deren Augen der Nebel, der dem Menschen die Zukunft verhüllt, sich teilte, deren Blick weithin in neues Land tauchte, deren Worte, durch dieses Sehen erweckt, damals wie dichterische Visionen erschienen.

Niemand hat es verstanden, diesen an sich selbst erlebten Empfindungen beredteren Ausdruck zu geben, als Heinrich Heine, der am 5. Mai 1843 aus Paris schrieb:

„Die Eröffnung der beiden neuen Eisenbahnen, wovon die eine nach Orleans, die andere nach Rouen führt, verursacht hier eine Erschütterung, die jeder mitempfindet, wenn er nicht auf einem sozialen Isolierschemel steht. Die ganze Bevölkerung von Paris bildet in diesem Augenblick gleichsam eine Kette, wo einer dem anderen den elektrischen Schlag mitteilt. Während aber die große Menge verdutzt und betäubt die äußere Erscheinung der großen Bewegungsmächte anstarrt, erfaßt den Denker ein heimliches Grauen, wie wir es immer empfinden, wenn etwas Unerhörtes geschieht, dessen Folgen unübersehbar und unberechenbar sind. Wir merken bloß, wie unsere ganze Existenz in neue Gleise fortgerissen, fortgeschleudert wird, daß neue Verhältnisse, Freuden und Drangsale uns erwarten, und das Unbekannte übt seinen schauerlichen Reiz, verlockend und zugleich beängstigend. So muß unseren Vätern zumute gewesen sein, als Amerika entdeckt wurde, als sich die Erfindung des Pulvers durch die ersten Schüsse ankündigte, als die Buchdruckerei die ersten Aushängebogen des göttlichen Wortes in die Welt schickte. Die Eisenbahnen sind wieder ein solches bestimmendes Ereignis, das der Menschheit einen neuen Umschwung gibt, das die Farbe und Gestalt des Lebens verändert; es beginnt ein neuer Abschnitt in der Weltgeschichte und unsere Generation darf sich rühmen, daß sie dabeigewesen. Welche Veränderungen müssen jetzt eintreten in unserer Anschauungsweise, in unseren Vorstellungen! Sogar die Elementarbegriffe von Zeit und Raum sind schwankend geworden. Durch die Eisenbahnen wird der Raum getötet, und es bleibt uns nur noch die Zeit übrig. In viertelhalb Stunden reist man jetzt nach Orleans, in ebensoviel Stunden nach Rouen. Was wird das erst geben, wenn die Linien nach Belgien und Deutschland ausgeführt und mit den dortigen Bahnen verbunden werden! Mir ist es, als kämen die Berge und Wälder auf Paris zugerückt. Ich rieche schon den Duft der deutschen Linden; vor meiner Tür brandet die Nordsee.“

Hier sind mit den Worten eines großen Dichters auch die ungeheuren Wirkungen der Eisenbahnen auf den außerhalb jeder Industrie stehenden Menschen, auf die ganze Menschheit angedeutet.

Viel ist darüber geschrieben worden. Von allen Seiten hat man die Einwirkungen der Dampfmaschine nachzuweisen versucht, und immer mehr hat man einsehen gelernt, was auf allen Gebieten menschlichen Schaffens der moderne Verkehr, wie er zu Wasser und zu Lande erst durch die Dampfmaschine ermöglicht wurde, geleistet hat. Nur kurz seien einige der hauptsächlichsten Einwirkungen angedeutet.

Folgen und Wirkungen der neuen Verkehrsmittel wird man am besten beurteilen können, wenn man sich den Zustand vor Einführung der Dampfmaschine in den Verkehr in großen Zügen vergegenwärtigt.

Im 18. Jahrhundert waren schlechte Straßen die Regel. Nur wenige einigermaßen brauchbare Kunststraßen durchzogen die einzelnen Länder und ermöglichten wenigstens zwischen den Hauptverkehrsstellen einen ununterbrochene Verbindung. Die brauchbarsten Verkehrsstraßen waren die Flüsse und die Kanäle. Letztere wurden vor den Eisenbahnen in England noch in großem Umfange angelegt, um dem sich steigernden Verkehrsbedürfnis zu genügen. In Deutschland geschah für Instandhaltung und Verbesserung der natürlichen Wasserwege fast gar nichts. Sie wurden nur als Finanzquellen von den zahlreichen kleinen Staaten gewürdigt, und jedes kleinste Fürstentum hatte auch seine Zollstädte. Von Straßburg bis zur holländischen Grenze gab es auf dem Rhein im 18. Jahrhundert nicht weniger als 30, von Bingen bis Koblenz allein 9 Zollstädte. So verstanden die damaligen Machthaber den eigenen Handel durch übermäßige Zölle zu zerstören. Mit Recht konnte schon im Mittelalter ein englischer Beobachter diese Brandschatzung durch Zölle und Stapelrecht, in der die Deutschen alle anderen Länder übertrafen, als eine *mira insania Germanorum* ver-spotten.

Wer vor 100 Jahren von Köln nach Mainz auf dem Marktschiff fahren wollte, brauchte etwa 30 Stunden. 7 Tage brauchte man, um von Frankfurt aus Köln zu besuchen und wieder heimzufahren, wenn man sich auch nur einen einzigen Tag dort aufhalten wollte. Irgendwelche Ansprüche an Bequemlichkeit durfte man nicht stellen. Wer das wollte, mußte sich ein eignes Fahrzeug, eine sogenannte Yacht, einen kleinen bedeckten Nachen, mieten, und hierfür durfte man von Mainz bis Koblenz etwa durchschnittlich 20 Taler bezahlen.

Auf der Donau fuhr man von Regensburg bis Wien etwa 6 Tage, und dafür zahlten sogenannte „gemeine Personen“ 2 Gulden, dagegen „geputerte Personen“ 1 Dukaten.

Noch schlimmer war es mit den Landstraßen bestellt. Während es in England schon eine ganze Anzahl vorzüglicher Chausseen gab, war Deutschland damit noch weit zurück. Die besten Straßen gingen im 18. Jahr-

hundert von Frankfurt nach Wien und nach der Schweiz. Süddeutschland war Norddeutschland im Straßenbau wesentlich voraus. Preußen erhielt 1787 die ersten Chausseen, und noch 1816 besaß Preußen in seinen sämtlichen rechts von der Elbe gelegenen Landesteilen, Schlesien und Sachsen ausgenommen, nur 44 Meilen Staatsstraßen. Ja, oft hielt man sogar die schlechten Straßen für einen Vorzug; denn je schlechter die Straßen, desto länger mußten die Fuhrleute im Lande verweilen, desto mehr Geld ließen sie im Lande zurück. Mit der Post konnte man auf guten Wegen, die aber, wie erwähnt, sehr selten waren, 6 km stündlich, auf schlechten 5 km zurücklegen. In besonders günstigen Fällen konnte man somit 110 bis 130 km weit in einem Tage reisen. Französische Posten brachten es bereits damals bis fast zu 150 km.

Auf den deutschen Reichsposten zahlte man für eine Meile etwa $7\frac{1}{2}$ Silbergroschen (10 Pf. für 1 km). Wer aber einigermaßen bequem reisen wollte, mußte Extrapost nehmen. Dafür bezahlte man für eine Person nebst Bedienten, ohne den angesehenen Personen damals selten auf Reisen gingen, etwa $1\frac{1}{2}$ Taler auf die Meile. Das sind rund 60 Pfennige auf einen Kilometer, also etwa zehnmal soviel als heute eine Fahrkarte zweiter Klasse kosten würde. Ein Göttinger Professor hielt damals für seine reichen und vornehmen Zuhörer besondere Vorträge über das Reisen, worin er die Reisekosten sogar für eine Person zu 1 Dukaten für die deutsche Meile berechnete. Für eine Reise von Leipzig bis Frankfurt würde man also damals etwa 130 bis 140 Taler gebraucht haben.¹⁾ Heute kann man in der vierten Klasse für 9 M. und in der ersten für 34,70 M. diese Entfernung zurücklegen.

Außerordentlich kostspielig war aber nicht nur der Personenverkehr, sondern vor allem auch der Transport der Massengüter. In Rheinland und Westfalen mußte man noch, als die erste Eisenbahn gebaut wurde, 40 Pf. für eine durch Frachtfuhrwerk auf 1 km beförderte Tonne Kohlen bezahlen. Die Eisenbahn verlangte anfangs 13 bis 14 Pf. Heute bezahlt man etwa $2\frac{1}{5}$ Pf. und Ausnahmetarife gehen für Kohlen sogar bis auf etwa $1\frac{1}{4}$ Pf. für 1 tkm herab.²⁾

Besonders unwälvend wirkten die Eisenbahnen auch auf die Zeitbegriffe. Wie nahe rückten sich jetzt die einzelnen Städte und Länder!

Die folgenden Zahlen zeigen am Beispiel einiger französischen Strecken, wieviel Zeit und Geld man heute gegenüber früheren Zeiten beim Reisen ersparen kann.

1) s. Biedermann, Deutschland im 18. Jahrhundert, Leipzig 1854.

2) Siehe unter anderem Dr. Pohle, Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im 19. Jahrhundert, 1904.

Von Paris nach	Entfernung		Tage	Reisedauer							
	Chaussee	Eisenbahn		Stunden							
			1782		1832		1848		1880		1906
			Malle-poste	Messagerie	Malle-poste	Messagerie	Schnellzug	Personen-zug	Schnellzug	Personen-zug	
Straßburg	455	501	4,5	47	72	33	49	10 ³⁰	13	7 ⁵⁶	14 ³⁰
Toulouse	685	751	8	70	110	54	80	17	22 ¹⁰	11 ²⁶	19 ⁴⁷
Calais	272	297	3	28	36	18	22	5 ³⁰	8	3 ¹⁵	7 ³⁹

Von Paris nach Calais braucht man heute soviel Stunden wie vor 100 Jahren Tage.¹⁾

Die Fahrgeschwindigkeit wird für Frankreich bei Personenbeförderung für die Stunde angegeben:²⁾

im 17. Jahrhundert	zu 2 km
Ende des 18. Jahrhunderts	„ 3 „
1814	„ 4 „
1830	„ 6 „
1848	„ 9 „

Die Geschwindigkeit des Güterverkehrs wird auf 3 bis 4 km in der Stunde vor Einführung der Eisenbahnen angegeben. Die ersten Eisenbahnen fuhren fast stets mit etwa 30 km im Personen- und mit 10 bis 20 km im Güterverkehr. Heute fahren Schnellzüge mit 60 bis 90, Güterzüge mit 20 bis 40 km, und selbst diese Geschwindigkeiten unserer schnellsten Züge sind durch die neuesten Schnellbahnfahrten zunächst versuchsweise verdoppelt worden.

Wenn Zeit Geld ist, welche ungeheuren Summen müssen durch die Eisenbahnen erspart worden sein! Picard berechnet für 1883 die Zeitersparnis der Reisenden in Frankreich auf 17 Mill. Tage zu 24 Stunden oder 10 bis 11 Stunden für jeden Einwohner.

Das Reisen kostete nicht nur viel Zeit und Geld, sondern es war auch im höchsten Grade unbequem, besonders zu Lande bei dem nach unseren heutigen Begriffen oft unglaublichen Zustand der Straßen. Wie Märchen aus langvergangener Zeit muten uns jene Reiseberichte an, die in der älteren Literatur so oft zu finden sind. Wie müssen die Landstraßen ausgesehen haben, auf denen sogar ein Prinz bei seiner Reise durch Kursachsen am Ende des 18. Jahrhunderts noch 25 Wagenräder auf einer einzigen Reise zerbrechen konnte. Diese Unfälle scheinen aber nicht sehr unerwartet ge-

¹⁾ A. de Foville: La transformation des moyens de transport et ses conséquences économiques et sociales, Paris 1880. Zahlen für 1906 aus dem Fahrplan.

²⁾ Picard, Traité des chemins de fer, Bd. I. Paris 1887. Angeführt bei Röhl, Encycl., Bd. III, wo unter „Eisenbahnen“ auch zahlreiche interessante Zahlenangaben über die Wirkungen der Eisenbahnen zu finden sind.

kommen zu sein, denn ein ganzer Wagen voll Ersatzräder wurde mitgeführt. Der große Göttinger Lichtenberg erzählt von seinen Reisen auf deutschen Postwagen: „Man muß sich festhalten, wenn die Löcher kommen, oder in den schlimmen Fällen sich gehörig zum Sprung spannen, muß auf die Äste acht geben, und sich zur gehörigen Zeit ducken, damit der Hut oder Kopf sitzen bleibt, die Windseite merken und immer die Kleidung auf der Seite verstärken, von wo der Angriff geschieht.“

Und noch schlimmer als die Qualen in den Postwagen waren vielfach die Wirtshäuser, in denen sich die Reisenden von den Strapazen „erholen“ sollten. Lichtenberg spottete: „Weil die Postwagen-Reisen mit so vielen Trübsalen verbunden sind, so hat man dafür gesorgt, daß die Wirtshäuser um so viel schlechter sind, als nötig ist, um die Postwagen wieder angenehm zu machen.“

Und nun stelle man sich das Reisen von heute vor.

Wenn wir auf riesigen Schiffen, schwimmenden Palästen vergleichbar, die ungeheuren Weiten der Weltmeere durchqueren, im bequemen Speisewagen unserer großen Züge das bunte Wandelpanorama der weiten Welt an uns vorüberziehen lassen, muß uns nicht das Gefühl der gewaltigen Größe jener menschlichen Schöpfung überkommen, die wir Dampfmaschinen nennen? Eine Empfindung, die Richard Dehmel in die kurze Schönheit der folgenden Worte zu fassen vermochte:

Es rollt und rüttelt und dröhnt und dampft,
Und klirrt und rasselt und stürmt und stampft;
An kreisenden Feldern vorüber im Flug
Durch Pommerns Eb'ne keucht der Zug.

Ich schaue und horche und weiß es kaum;
Ich träume einen stolzen Traum:
Wie Form geworden der Menschengest
Donnernd um Achse und Achse kreist.

Der ungeheure Abstand, der auf diesem Gebiete drei Menschenalter trennt, läßt ahnen, wie weittragende Einwirkung diese das ganze Leben umgestaltende Entwicklung des Verkehrs, von jenen primitiven Anfängen am Beginn des vorigen Jahrhunderts bis zu unserem heutigen Schiffs- und Eisenbahnverkehr ausgeübt haben muß. Der „Form gewordene Menschengest“ mußte über Industrie und Handel hinaus auf das ganze menschliche Denken und Tun einwirken. Treffend hat man darauf hingewiesen, daß die Möglichkeit, mit einem Male so unverhältnismäßig viel rascher über die Erdoberfläche dahin eilen zu können, für die Kulturmenschheit fast soviel bedeutet habe, wie für die Kinder das Gehen nach dem Kriechen.¹⁾

Der moderne Verkehr hat einen Anschauungsunterricht für die Erwachsenen aller Stände und Berufsarten eröffnet und ist nicht mit Unrecht

¹⁾ s. Müncher, Die Rolle der Anschauung im Kulturleben der Gegenwart. Preußische Jahrbücher, Bd. 9.

eine großartige Volksschule genannt worden. Wie groß ist der Einfluß, den der heutige Verkehr auf die Entwicklung aller wissenschaftlichen Zweige ausgeübt hat! Denn wenn schon in alter Zeit der Kriegszug eines Alexander des Großen nach Asien für die Geschichtsforschung, für Astronomie, für Naturwissenschaft die nachhaltigsten Wirkungen hatte, wie mußte erst der moderne Verkehr einwirken, der so vielen hervorragenden Forschern es ermöglicht, die persönliche Anschauung an die Stelle des bloß Gehörten zu setzen!

Ein Forschen, Prüfen und Sammeln beginnt mit Eisenbahn und Dampfschiff, wie es frühere Zeiten im gleichen Umfange nie gekannt haben. Überall können heute Zusammenkünfte der Forscher und Gelehrten stattfinden, bei denen sie sich durch den gegenseitigen Gedankenaustausch anregen und ihre Arbeit fördern.

Die Arbeit selbst wird intensiver und auch die Arbeitszeit der Forschung kann wesentlich verringert werden.

Nicht minder bedeutsam sind die politischen Folgen des heutigen Verkehrswesens; es hat in erster Linie ganz außerordentlich die Macht des Staates gesteigert. Durch die Eisenbahn hat die Staatsregierung eine Art Allgegenwart erreicht. Freilich hat sie auch die Angriffsflächen des Staates vergrößert. Dem russischen Kaiser Nikolaus I. erschienen die Eisenbahnen noch als eine verdächtige, durchaus revolutionäre Neuerung, und erst nach langem Zaudern gestattete er den Bau der ersten Eisenbahn.¹⁾

Die Eisenbahnen ließen die Stammeseigentümlichkeiten allmählich mehr zurücktreten, sie drängten zu immer größeren Staatseinheiten. Sie verstärkten und erweckten das Nationalbewußtsein, wie es besonders auch die politische Geschichte Deutschlands und Italiens erkennen läßt.

Die Eisenbahnen einen die Völker. 1838 sah K. Beck in den Eisenbahnaktien „Wechsel ausgestellt auf Deutschlands Einheit“, in den Schienen „Hochzeitsbänder, Trauungsringe blank gegossen: liebend tauschen sie die Länder, und die Ehe ist geschlossen“, und der englische Kulturhistoriker Thomas Buckle spricht es aus: „Die Lokomotive hat mehr getan, die Menschen zu vereinen, als alle Philosophen, Dichter und Propheten vor ihr seit Beginn der Welt.“

Aber auch über die Landesgrenzen eines ganzen Volkes hat der Verkehr hinübergreifen, und immer mehr führt die heutige Entwicklung es jedem vor Augen, wie sehr auch ein großes Volk auf alle anderen Staaten angewiesen ist; die Gemeinsamkeit der Kulturinteressen zwischen allen zivilisierten Völkern tritt immer zwingender hervor und fördert machtvoll die Friedensbestrebungen. Jahrhundertlang hat man sich möglichst abgeschlossen und hierin einen besonderen Vorzug gesehen. Heute verbinden Eisenbahnen und Dampfschiffe alle Völker miteinander, sie ermöglichen es den Menschen, sich genauer kennen lernen, und Achtung und Zuneigung beginnt daraus zu ersprießen.

¹⁾ s. Frankfurter Zeitung Nr. 302, 1905.

Heute leben wir in weit größerer Interessengemeinschaft mit den einzelnen Völkern Europas, als noch vor wenigen Jahrhunderten die einzelnen Stämme Deutschlands zueinander besaßen. Die Fremde hat ihren Schrecken verloren, und je weiter der Verkehr sich steigert, um so weniger empfinden wir die Grenze zwischen den einzelnen Ländern.

So haben die Eisenbahnen in ungeahnter Weise die Segnungen des Friedens vergrößert.

Aber Wirkungen und Gegenwirkungen liegen auch beim modernen Verkehr nahe nebeneinander. Auch dem militärischen Zwecke dient der moderne Verkehr in ganz ungewöhnlich hohem Grade. Viele Eisenbahnen sind zuerst aus rein militärischen Gründen im Interesse der Landesverteidigung gebaut worden. Durch Eisenbahnen und Dampfschiffe ist erst die Bedeutung des modernen Geschützes voll zur Geltung gekommen. Erst jetzt ist es möglich, die gewaltigen Zerstörungsmittel in kurzer Zeit bald hier, bald dort zu verwenden.

IV.

Einführung und Ausbreitung der Dampfmaschine und Entstehung des Dampfmaschinenbaues in den einzelnen Staaten.

1. Allgemeines.

Die ersten Kunstmeister. — Übergang zur heutigen Fabrik. — Ort und Entstehung der Dampfmaschinenfabriken. — Einflüsse auf die Entwicklung des Dampfmaschinenbaues.

Die Dampfmaschine, aus dem Bedürfnis des Bergbaues entstanden, gestaltete, als sie auch in alle anderen Gewerbebetriebe Eingang gefunden hatte, die gewerbliche Tätigkeit von Grund aus um. Ein „Handwerks“-Betrieb nach dem anderen wurde in maschinellen Fabrikbetrieb übergeführt. Neue Industrien entstanden und alte wurden bis zur Unkenntlichkeit verändert.

Der Dampfmaschinenbau gliederte sich deshalb unmittelbar der durch die Dampfmaschine entwickelten Industrie an; aus ihrem Bedürfnis nach der neuen Kraftmaschine entstand er, ihr entsprechend dehnte er sich aus und entwickelte sich zu einem mächtigen Zweige der heutigen Großindustrie.

Anfangs lag der Dampfmaschinenbau in der Hand der Kunstmeister. Er war mehr oder weniger Handwerksache. Man nahm sich damals gleichsam noch den Maschinenbauer „ins Haus“, wie heute etwa auf dem Lande einen Schneider; man lieferte ihm den Baustoff, stellte ihm Hilfskräfte und bezahlte ihn für die von ihm selbst geleistete Arbeit.¹⁾ Der Kunstmeister

¹⁾ Welch hohe Anforderungen man schon an einen solchen Kunstmeister oder Mechanicus vor 180 Jahren wohl mitunter stellte, verrät uns Leupold, der 1724 in seinem „Theatrum Machinarum generale“ schreibt: „Ein Mechanicus aber, von dem hier die Rede ist, soll eine Person seyn, die nicht nur alle Hand-Arbeit wohl und gründlich verstehet, als: Holtz, Stahl, Eisen, Messing, Silber, Gold, Glass, und alle dergleichen Materialien nach der Kunst zu traktiren, und der aus physicalischen Fundamenten zu urtheilen weiss, wie weit jedes nach seiner Natur und Eigenschafft zulänglich oder geschickt ist, dieses oder jenes zu praestiren und auszustehen, damit alles seine nöthige Proportion, Stärcke und Bequemlichkeit erlange, und der Sache weder zu viel noch zu wenig geschehe, sondern auch nach denen mechanische Wissenschaften oder Regeln eine jede verlangte Proportion oder Effect nach vorhandener

selbst arbeitete dann bald als Schmied, bald als Zimmermann oder Tischler, oder gab die einzelnen Arbeiten den verschiedenen Handwerkern, in deren Gebiet sie gehörten, überwachte sie und leitete vor allem den ganzen Zusammenbau der Maschine. Eine einfache Konstruktion, bei der noch möglichst viel Holz verwendet wurde, war für eine solche Fabrikation Bedingung. Je verwickelter die Maschine wurde, um so nötiger war es, wenigstens die Haupttheile in besonderen Werkstätten herzustellen, wie dies auch bei den ersten Maschinen mit dem Zylinder und einigen Steuerungsteilen schon geschah, die man von einem Eisenwerk bezog, oft in einer Geschützgießerei ausbohren ließ und dann auf der Grube selbst noch weiter zurechtstutzte. Je größere Anforderungen man an die Genauigkeit stellte, um so mehr legte man Wert darauf, auch andere Einzelteile in besonders hierzu eingerichteten Werkstätten, Gießereien, Bohrmühlen usw. fertig zu stellen. Damit wurde nach und nach der Dampfmaschinenbau Sache eines besonderen Unternehmens, und so ging er allmählich, hier früher, dort später, aus der Hand des Kunstmeisters in die des Fabrikanten über. Der Kunstmeister wurde zum Monteur, der die einzelnen fertiggestellten Maschinenteile nur noch zusammenzubauen und die Maschine dann in Betrieb zu setzen hatte. Die Herstellung wurde also vom Arbeitsplatz der Maschine in besondere Fabrikbetriebe verlegt. Diese Entwicklung setzte sich insofern stetig fort, als man mit der Zeit immer größeren Wert darauf legte, die Maschine so herzustellen, daß das Aufstellen und Inbetriebsetzen möglichst schnell und leicht von statten gehen konnte, so daß kleinere Maschinen schließlich auch fertig aufgestellt, als Ganzes vorher schon in den Werkstätten probiert, zum Versand kamen, womit die Arbeit am Arbeitsplatz der Maschine auf ein Mindestmaß beschränkt wurde.

Bei den ersten Maschinen spielten Reparaturen eine große Rolle. Man verstand es noch nicht, die Abmessungen der Maschinenteile so zu wählen, daß sie auch den auftretenden Stößen standhalten konnten. Brüche an den verschiedensten Stellen kamen häufig vor, und nur dem außerordentlich langsamen Gang der Maschine ist es zuzuschreiben, daß nicht häufiger größere Unglücksfälle daraus entstanden.

oder gegebener Kraft oder Last anordnen kan; worzu er aus der Geometrie und Arithmetic auch das nöthige zur Berechnung, im Austheilen der Maschinen muss erlernen haben. Und wo er seine Profession recht verstehen will, soll er alle Künste und Professionen, wozu er Maschinen machen und inventiren will, wohl innen haben; denn sonst weiss er nicht was er machet, ist auch nicht vermögend etwas zu verbessern oder neues zu erfinden, so doch hauptsächlich von einem Mechanico erfordert wird. Vor allen andern aber muss er zu einem Mechanico geboren seyn, damit er aus natürlichen Trieb nicht nur zum inventiren geschickt ist, sondern auch mit leichter Mühe alle Künste und Wissenschaften geschwinde fassen kan, so dass man von ihm sagen darff: Was seine Augen sehen auch seine Hände können; und dass er aus Liebe zur Kunst keine Mühe, Arbeit noch Kosten scheuet, weil er Lebenslang täglich was neues zu lernen und zu experimentieren hat.“ Die Wirklichkeit wird wohl auch hier oft hinter dem Verlangten zurückgeblieben sein.

Der Kunstmeister der alten Zeit übernahm auch gleichzeitig die Reparaturen. Bald bildeten sich auch Schlosser- oder Schmiedewerkstätten zu Reparaturwerkstätten aus, und so entstanden kleinere Fabriken am Ort, die schließlich auch den Umbau ganzer Maschinen übernahmen und endlich, nachdem sie in dieser Weise genügend Erfahrungen gesammelt hatten, auch neue Maschinen anfertigten. Häufig aber war es schwer mit den geringen Mitteln, die diesen einfachen Werkstätten zur Verfügung standen, Reparaturen in sachgemäßer Weise auszuführen und größere Ersatzteile⁷ zu liefern. Die größeren Maschinenfabriken suchten deshalb mit der Zeit auch die Reparaturen ihrer Maschinen zu erleichtern und sie selbst auszuführen.

Man begann nicht nur einzelne Maschinen, sondern Maschinensätze zu bauen, lernte es, die einzelnen Teile so genau herzustellen, daß man die Ersatzteile nicht nur jederzeit schnell erhalten konnte, sondern auch sicher war, sie ohne weitere Nacharbeit unmittelbar verwenden zu können. Diese Fabrikationsweise griff naturgemäß bei den Maschinen zuerst Platz, die in größerer Zahl in ganz gleicher Ausführung abgesetzt werden konnten. Der „Austauschbau“, wie man das ganze Verfahren genannt hat, stammt deshalb auch vorwiegend aus dem Lande der Massenfabrikation, aus Amerika, und ist hier mit zuerst von Worthington bei seinen Dampfmaschinen in großem Umfang benutzt worden, dann nicht minder bei den zahllosen Konstruktionen amerikanischer Schnellläufer.

Höchst bemerkenswert ist es ferner, wie eine immer weitergehende Arbeitsteilung zwischen dem Entwurf der ganzen Anlage, der Konstruktion, der Fabrikation und Ausführung und endlich dem Betriebe vor sich geht. In dem Kunstmeister der alten Zeit war alles noch vielfach vereinigt. Er war der Kunstverständige, der Zivilingenieur, der die einzelnen Unternehmer auf die Vorteile der Dampfkraft aufmerksam machte, ihnen Pläne machte, wie gerade der oder jener in seinem Betrieb die Dampfmaschine gut verwenden könne, ihm nachrechnete, wieviel er gegenüber den vorher benutzten Betriebskräften sparen könne. Erhielt er dann den Auftrag, so wurde er wie vorhin gezeigt, Angestellter oder auch Unternehmer, er war dann gleichzeitig der Konstrukteur, der auf Grund seiner, an anderen Maschinen erworbenen Kenntnisse die Maschine entwarf, Bauart und Anordnung festlegte und nun auch die Ausführung leitete, ja anfangs vielfach als Arbeiter selbst daran Teil nahm und bald als Schmied, Zimmermann oder Schlosser seinen Ideen selbst praktisch Formen zu geben versuchte. Schließlich war er der Monteur, der seine Maschine aufstellte, und der Betriebsführer, der monatelang den Betrieb leitete, Heizer und Maschinenmeister anlernte und wenn das ganze Unternehmen ein weitverzweigtes war, auch noch oft als Leiter und Oberaufseher sich weiter daran beteiligte.¹⁾

¹⁾ Alle diese vielfach verschiedenen Tätigkeiten liegen heute oft ganz verschiedenen Personen ob, die zuweilen wieder gruppenweise in besonderem Unternehmen vereinigt sind. So ist in Deutschland noch vielfach der Beruf eines Zivilingenieurs, der die ge-

Der Ort der ersten Dampfmaschinenfabriken lag natürlich möglichst nahe dem Absatzgebiet. So entstanden vorwiegend in der Nähe der Bergbaubezirke, der großen Eisenhütten und in den Gegenden blühender Textilindustrie die ersten Dampfmaschinenfabriken. Erst mit der Zeit der Eisenbahnen dehnten sich die Absatzgebiete weiter aus, und andere Faktoren, vor allem günstige Verkehrslage, beeinflussten die Wahl des Ortes.

Sehr interessant ist auch zu beobachten, in wie verschiedener Weise die einzelnen Fabriken entstanden sind. Die einen sind aus den Reparaturwerkstätten, aus den Bergschmieden der Grubenbezirke hervorgegangen, die zuerst für eigenen Bedarf arbeiteten. Die Inhaber dieser kleinen Reparaturwerkstätten, auch in dem Gebiete der Textilindustrie, lernten durch die Wiederherstellungsarbeiten an vorhandenen Maschinen den Bau eingehend kennen, erwarben durch gute Arbeit das Vertrauen der Kundschaft, führten auch neue kleine Verbesserungen, die der betreffenden Fabrik besonders angepaßt waren, ein und erleichterten dadurch die Arbeit; so bekamen sie schließlich auch Aufträge auf neue Maschinen. Endlich ruhten sie nicht eher, bis sie auch die erste Dampfmaschine selbst erbaut hatten. Der größte Ehrgeiz bestand schließlich darin, die Maschine selbst zu bauen, von der alle anderen Leben und Bewegung erhielten, und eine Dampfmaschine ausgeführt zu haben, galt gleichsam als Befähigungsnachweis, die höchste Spitze der Maschinenbaukunst nun erreicht zu haben.

Oder die Maschinenfabrik wuchs aus einem anderen Fabrikationsgebiet hervor. Spinnereien oder Papiermühlen hatten einen unternehmenden Meister, der mit seiner genauen Kenntnis des ganzen Fabrikationsganges einige eigene Verbesserungen ersann; er führte sie selbst mit Hilfe eines Schlossers aus und begann, wenn es gut ging, schließlich auch neue Maschinen selbst herzustellen, um so die damals oft noch großen Schwierigkeiten, sich eine Maschine aus dem Auslande zu beschaffen, die noch dazu außergewöhnlich kostspielig war, zu umgehen. Bewährte sich die neue Maschine, dann lag es nahe, schließlich auch den Bedarf anderer Fabriken zu decken, d. h. die Fabrikation neuer Maschinen aufzunehmen. So schloß sich bald an manche Spinnerei oder Papiermühle oder andere Industriezweige die Maschinenfabrik an, und manchmal verdrängte sie ganz die ursprüngliche Fabrikation. So entsteht eine außerordentlich große Mannigfaltigkeit in den Fabriken, wenn man auf ihre Entstehungsgeschichte zurückgeht. Einige nur von ihnen wurden von Anfang an als Spezialfabriken für

samte neue Anlage entwirft, des Konstrukteurs, der die Maschine ersinnt, mit der Ausführung der Maschinen in einem Betrieb, „der Maschinenfabrik“, vereinigt, während in England und Amerika auch diese Arbeitsgebiete sich schon vielfach getrennt haben.

Die Maschinenfabrik wird zur reinen Fabrikationsanstalt, die auch ihre konstruktiven Entwürfe von selbständigen, außerhalb ihres Betriebes stehenden Ingenieuren erwirbt. In sehr interessanter Weise hat sich zuweilen diese freie Konstrukteurtätigkeit mit dem Lehramt verbunden, und gerade deutsche technische Hochschulen zeigen eine Reihe hervorragender Beispiele für diese Vereinigung.

Maschinenbau gegründet und umfaßten dann auch noch alle fast denkbaren Gebiete des gesamten Maschinenbaues. Für ein weiteres Trennen der einzelnen Gebiete reichte anfangs das Absatzfeld noch nicht aus.

Die Entwicklung der Dampfmaschinenfabriken wurde von den verschiedensten Faktoren beeinflußt. Die allgemeine politische Lage wirkte naturgemäß auf die wirtschaftliche Entwicklung wesentlich ein. Die Zoll- und Handelspolitik haben oft einschneidende Wirkungen auf ganze Industriezweige hervorgebracht, haben einige in kurzer Zeit zu hoher Blüte erhoben, andere vernichtet oder zum Auswandern gezwungen. Die geistigen Arbeiten der großen Ingenieure, die in den Erfindungen zum Ausdruck kommen, haben ebenfalls sehr stark auf den Gang der Entwicklung eingewirkt, ungeheure neue Werte geschaffen und den Wert vorhandener oft sehr vermindert. Der gesetzliche Schutz dieser Erfindungen, wie er sich in den Patentgesetzen der einzelnen Länder ausdrückt, hat die Erfindungstätigkeit ungemein gefördert, das geistige Eigentum dem Ingenieur gesichert und auch den Ansporn gegeben, die einzelnen Verbesserungen weiter auszubilden.

Ehe die Patente den Schutz für das geistige Eigentum technischer Erfindungen und Verbesserungen boten, suchte man sich möglichst durch Geheimhalten davor zu schützen, daß andere die Vorteile der eigenen Arbeit ausnutzten. So wurden im Mittelalter die Nürnberger Papiermüller eidlich verpflichtet, ihre Geheimnisse zu bewahren. Von einer Porzellanfabrik am Ende des 17. Jahrhunderts wird erzählt, sie habe sich ihr Geheimnis dadurch zu sichern gesucht, daß sie möglichst dumme Arbeiter anstellte. Ein Geisteskranker habe das Rad drehen müssen; alle Arbeiter seien während der Arbeit eingeschlossen und bei dem Nachhausegehen durchsucht worden. In einigen Gebieten stand Todesstrafe auf Auswandern.

Die Einführung der Patente wurde noch in vielen Staaten sehr bekämpft, als sie sich in England und Amerika bereits seit langem bewährt hatte. Von einem Schweizer stammt das Wort: „Die Genies müssen unentgeltlich leuchten wie die Sterne,“ eine Ansicht, die für Nichtgenies jedenfalls viel Vorteil hat.¹⁾

Wesentlich beeinflußt wurde der Fortschritt der technischen Entwicklung auch durch Vertiefung der wissenschaftlichen Erkenntnis und Ausbreitung des technischen Unterrichtswesens auf immer weitere Bevölkerungsschichten. Anfangs waren es vor allem Vereine: Gewerbe- und Fabrikantenvereine, die sich bemühten, ihren Mitgliedern die Erfahrungen anderer zu nutze zu machen, um dadurch die Kenntnis des Gewerbewesens zu fördern. Bald aber machte sich auch das technische Unterrichtswesen in günstigster Weise bemerkbar. Besonders seitdem es immer mehr in engster Berührung mit der praktischen Tätigkeit unmittelbar von dem wirtschaftlichen Leben

¹⁾ s. Roscher, Volkswirtschaft, Bd. 3, 1899 und Klostermann, Über den Einfluß des Schutzes der Erfindungen auf die Entwicklung der Industrie, Z. d. V. d. Ing. 1880, S. 433. Er zeigt, wie die wohlfeile Nachahmung ohne Vergütung sich als das teuerste Geschäft erwiesen hat.

befruchtet wurde. Aber das Wissen allein, das die Schule vermitteln kann genügt nicht, wenn es nicht gelingt, es in das praktische „Können“ umzusetzen. Stets läßt sich in der Geschichte der einzelnen Unternehmungen, in der Entwicklung der hervorragenden Ingenieure und Unternehmer erkennen, daß neben dem theoretischen Wissen das praktische Können den Erfolg bestimmt. Der „gesunde Menschenverstand“ und vor allem ein starker Wille, eine kritische Urteilsfähigkeit, die nicht ohne weiteres vor irgendeiner Autorität zurückweicht, sind zu großem Erfolge notwendig. Das selbständige Handeln, das für den Fortschritt der Industrie unentbehrlich ist, sichert eine freiheitliche Volkserziehung, die zur kritischen klaren Unterscheidung und Erkenntnis führt. Das Gefühl der eigenen Verantwortung, des selbständigen Entschließens ist nicht nur bei den ersten Ingenieuren und Unternehmern erforderlich, das Gefühl der Selbständigkeit muß bis zum einfachsten Arbeiter herunter gepflegt werden; die Masse muß von Persönlichkeiten durchsetzt sein, will anders man auf diesem Gebiete einen stetigen Fortschritt möglich machen. Mit einer kritiklosen Unterordnung, mit knechtischem Gehorsam kann nirgends etwas Großes, am wenigsten aber auf dem Gebiete der freischaffenden Technik, geleistet werden.

Betrachtet man die Entwicklung des Dampfmaschinenbaues nach der Zeit seiner Entstehung, so werden sich zwei Hauptperioden unterscheiden lassen, die eine liegt vor, die andere nach Einführung der Eisenbahn.

In dem ersten Abschnitt haben die Dampfmaschinen die Produktion in den einzelnen Gewerbebetrieben so gesteigert, daß die vorhandenen Verkehrsmittel nicht mehr genügten, den Verkehr zu bewältigen. Insofern drängte die Betriebsdampfmaschine durch die mit ihr erreichte Produktionssteigerung selbst zur Einführung der neuen Verkehrsmittel: zu den Dampfschiffen und Eisenbahnen. Erst diese erlösten die Produktion von der Schranke, die ihr von den wenig leistungsfähigen früheren Verkehrsmitteln gezogen war. Erst jetzt nach Einführung der Dampfmaschine in den Verkehr wurde es auch den Betriebsmaschinen möglich, in größtem Umfange ihre produktionssteigernde Wirkung auszuüben. Erst von da an beginnt das Zeitalter unserer heutigen modernen Industrie.

Die Entwicklung der Eisenbahnen und Dampfmaschinen selbst spornte die Industrietätigkeit außergewöhnlich an; vor allem im Berg- und Hüttenwesen machte es sich bemerkbar; gewaltig wuchsen überall diese Gewerbegruppen an, und riesige Dampfmaschinen für die ihnen eigentümlichen Betriebszwecke: Gebläsemaschinen, Walzenzugmaschinen usw. entstanden.

Natürlich zeigten sich alle die weitgehenden Einwirkungen der neuen Verkehrsmittel auf den Dampfmaschinenbau nicht sofort; es dauerte auch hier eine geraume Zeit, ehe sie überall in ihrer weittragendsten Bedeutung zum Ausdruck kamen.

Alle diese allgemeinen Beziehungen werden sich in der Geschichte der Einführung und Entwicklung des Dampfmaschinenbaues in den einzelnen Ländern nachweisen und ergänzen lassen. Leider ist der für eine Dar-

stellung des Dampfmaschinenbaues in einzelnen Hauptindustriestaaten verfügbare Stoff noch sehr dürftig und verstreut. Große einzelne Arbeiten auf diesem Gebiete fehlen noch fast ganz und deshalb ist der Versuch, wenigstens die Angaben, die im Verlauf der vorliegenden Arbeit gesammelt werden konnten, hier zu verarbeiten, wohl gerechtfertigt. Einmal muß auch mit diesem Zweig der Industriegeschichte begonnen werden, und vielleicht geben diese Ausführungen Anlaß, sie in umfassender Weise zu ergänzen.¹⁾

Sehr wichtig für die nachstehenden Ausführungen sind die statistischen Angaben, aus denen allein sich ein klares Bild über die Bedeutung und Ausbreitung der Dampfmaschine, über die Verteilung auf die einzelnen Länder und Bezirke und in den einzelnen Industriezweigen gewinnen läßt.

Leider reicht auch hier der Stoff in keiner Weise aus. Die Erhebungen sind in allen Staaten verschieden, und deshalb sind Vergleiche zwischen den einzelnen Staaten auf Grund der statistischen Angaben oft nur schwer möglich. Anregungen, die von deutscher Seite schon in den 70er Jahren ausgingen, gemeinsame Grundsätze gerade für die Statistik der Dampfmaschine und Dampfkessel aufzustellen, sind leider bisher erfolglos gewesen. Die ausführlichste Statistik liegt für Deutschland und vor allem für Preußen vor, dank dem großen Interesse, das das preußische statistische Landesamt schon seit den 70er Jahren gerade diesem Zweig der Statistik entgegenbringt.

Das Werk des früheren verdienstvollen Leiters dieses Amtes Dr. Ernst Engel, „Das Zeitalter des Dampfes,“ Berlin 1880, ist wohl die umfangreichste statistische Arbeit, die über Dampfmaschinen und Dampfkessel jemals erschienen ist.

Neben Deutschland und Preußen besitzt vor allem Amerika eine sehr eingehende und ausführliche Dampfmaschinenstatistik, die auch in großem

¹⁾ Es kann natürlich nicht darauf ankommen, die Geschichte sämtlicher Dampfmaschinenfabriken hier aneinander zu reihen; es wird genügen, einige der wesentlichsten, so weit der Stoff ausreicht, herauszugreifen. Von den einzelnen Ländern würde England ohne Zweifel bis weit in das vorige Jahrhundert hinein das interessanteste und wichtigste Land sein, an dem die Entwicklung des Dampfmaschinenbaues gezeigt werden könnte. Leider fehlt es auch hierfür so sehr an Stoff, daß es nur möglich ist, einige der wichtigsten Namen zu nennen und zu versuchen, einige der hauptsächlichsten Entwicklungsstufen zu kennzeichnen. In der technischen Entwicklung werden außerdem noch viele englische und amerikanische Dampfmaschinenfabriken und Dampfmaschinenkonstruktoren zu nennen sein, deren besondere Erwähnung deshalb in den nachstehenden Ausführungen nicht notwendig erscheint. Die ausführlichsten Angaben liegen naturgemäß über Deutschland vor, wo vor allem ein eingehendes Aktenstudium der mir von seiten der königlichen Regierung zur Verfügung gestellten alten Akten manche interessante Einzelheit ergeben hat, die zu einem Gesamtbild zusammengefügt als mehr oder weniger kennzeichnend auch für die Entwicklungsgeschichte anderer Länder angesehen werden kann.

Wo wesentliche Lücken erscheinen, wird in den meisten Fällen nicht ein Übersehen, sondern der Mangel an Stoff, der sich überhaupt nicht oder nicht in der mir zur Verfügung stehenden Zeit beschaffen ließ, die Schuld tragen.

Umfange für diese Arbeit benutzt worden ist. Sehr zu bedauern ist, daß für England fast alle statistischen Angaben über Dampfmaschine und Dampfkessel fehlen. Und gerade hier in dem Lande, das die Dampfmaschine hervorgebracht und zuerst in großem Umfange angewendet hat, würden sichere Zahlen statistischer Erhebungen ein äußerst interessantes Bild von der Entwicklung geben können. Die wenigen Zahlen, die hierüber vorhanden sind, werden meistens noch für sehr unzuverlässig angesehen, da sie gewöhnlich nur geschätzt sind und deshalb Trugschlüsse leicht möglich sind. Von anderen Industriestaaten sind möglichst die Zahlen der amtlichen statistischen Erhebungen, soweit sie in den amtlichen Werken der statistischen Ämtern niedergelegt sind, benutzt worden.

2. Großbritannien und Irland.

Anfänge der englischen Industrie. — Günstige Bedingungen für ihre Entwicklung. — Die ersten Feuermaschinen Newcomens. — Englische Kunstmeister. — Die Familie Hornblower. — John Smeaton und seine Bedeutung. — Verbreitung der atmosphärischen Maschine. — James Watt. — Erster Entwicklungsgang. — Verbindung mit Roebuck. — Boulton und Watt. — Die Ausbreitung der Wattschen Maschinen. — Watts Betriebsmaschine. — Die Albionmühlen in London. — William Murdock. — Watts Tod. — Weitere Entwicklung im 19. Jahrhundert. — Trevithick und Woolf. — Maudslay und Penn. — Andere große englische Dampfmaschinenerbauer. — Die Leistungen der Schiffsmaschinenfabriken. — Entwicklung der englischen Schifffahrt. — Die Entwicklung des englischen Eisenbahnnetzes.

Das Auffinden neuer Welthandelsstraßen und die Entdeckung Amerikas begann das Bild der Handelstaaten des Mittelalters von Grund aus zu verändern. Blühende Staaten und Städte verfielen, neue traten an ihre Stelle, um nach einer Zeit ungeahnter Entwicklung wieder von jugendkräftigeren Staaten abgelöst zu werden. Der letzte große Erbe war England. Am Ende des 16. Jahrhunderts hatte es der unüberwindlichen Armada Philips II. siegreich Stand geboten, und in jahrzehntelangen Kämpfen schließlich das Hindernis, das Spaniens Weltreich dem Ausdehnungsdrang der neuen Großmacht entgensetzte, beseitigt. Das 17. Jahrhundert brachte die mächtigen Kämpfe zwischen den seegewaltigen Niederlanden und dem mächtig emporstrebenden englischen Inselreich. Auch hier siegte schließlich England. Am Ende des 17. Jahrhunderts kämpften dann zeitweise vereinigt England und Holland gemeinschaftlich gegen das Übergewicht Frankreichs. Im Laufe von zwei Jahrhunderten hatte sich England durch die zähe Tatkraft seiner Bürger zu dem mächtigsten Kolonialreich und zu einer Handelsmacht ersten Ranges emporgearbeitet. Neben dieser riesigen Entwicklung des Handels begann sich auch die Gewerbetätigkeit im eigenen Lande zu heben.

Die Anfänge der Industrie erhielt England vom Kontinent.

Schon am Anfang des 14. Jahrhunderts waren niederländische Tuchmacher eingewandert und hatten das Gewerbe derartig entwickelt, daß man bereits damals begann, englisches Rohtuch auszuführen. Den wesentlichsten

Einfluß aber auf die fortschreitende Entwicklung des englischen Gewerbesens übten die großen Scharen nach England sich flüchtender Protestanten aus, die vor der religiösen Unduldsamkeit ihrer Fürsten in dem freieren England Schutz suchten. Diese unmittelbare Wirkung der Reformation spielt in der Wirtschaftsgeschichte der europäischen Staaten eine äußerst wichtige, vielfach noch zu wenig beachtete Rolle. Die religiösen Kämpfe und Streitigkeiten, die rücksichtslosen Verfolgungen der Andersdenkenden haben die Ausbreitung der Industrie begünstigt und beschleunigt.

Ein englischer Schriftsteller führt schon 1670 unter den Ursachen der hohen wirtschaftlichen Stellung der Holländer an erster Stelle mit an, „ihre Duldung verschiedener Meinung über religiöse Dinge, weshalb viele betriebsame Leute aus anderen Ländern, welche nicht mit dem bestehenden Kirchenregiment übereinstimmten, mit ihren Familien und ihrer Habe nach Holland kamen, wo sie dann nach einigen Jahren des Zusammenlebens mit den Bewohnern ein und dasselbe gemeinsame Interesse verfolgen.“ Das gleiche läßt sich in noch höherem Maße von England sagen.

Die unsichere Lage, in der sich in streng katholischen Ländern die Andersgläubigen befanden, führte sie dazu, sich besonders solchen Berufen zu widmen, deren Erträge ihnen, falls sie vertrieben werden sollten, wenigstens nicht ganz verloren gehen konnten, d. h. sie wandten sich immer mehr vom Ackerbau dem Gewerbebetrieb und Handel zu, und deshalb sind auch durch die religiösen Verfolgungen ganz besonders immer Handel- und Gewerbeinteressen betroffen worden. Es kommt hinzu, daß die, welche es wagten, auf neuen Wegen vom Althergebrachten abzuweichen und für ihren neuen Glauben auch bereit waren, Freunde, Vaterland und Besitztum zu verlassen, an Charakterstärke und festem Willen jedenfalls vielfach ihrer Umgebung weit überlegen waren. Das aber waren Eigenschaften, die sich auch im wirtschaftlichen Betrieb als besonders fruchtbringend erweisen mußten.

Frankreich hat sich durch grausame religiöse Verfolgungen hervorgetan und durch Aufheben des Edikts von Nantes (1685) sich einer großen Zahl seiner betriebsamsten Bürger beraubt. Man rechnete, daß mehr als $\frac{3}{4}$ Million französischer Gewerbetreibender die Industrie Frankreichs in die Nachbarstaaten verbreitet haben. Besonders in England entstanden überall Niederlassungen von Flüchtlingen, und kaum eine Stadt in England gibt es, in der nicht noch heute Spuren der französischen Emigranten zu finden wären. Auch Schottland und Irland hatten bald ihre französischen Kolonien. Fast ausschließlich widmeten die Flüchtlinge sich dem Gewerbebetrieb und führten Gewerbe in England ein, die bis dahin noch wenig verbreitet oder überhaupt noch nicht bekannt waren. So siedelten sich an: Tuchfabrikanten von Antwerpen und Brügge, Spitzenfabrikanten von Valenciennes, Glasfabrikanten von Paris, Schiffszimmerleute von Havre, Seidenfabrikanten von Lyon und Tours, dann Papierfabrikanten von Bordeaux und aus der Auvergne und andere mehr. Alle verpflanzten ihre Industrien nach England. Eine große Anzahl von Gewerben, so z. B. auch die der feineren Sorten

von Tuch, Papier, der Pendeluhrn, der mathematischen Instrumente, Filzhüte, Kristall- und Spiegelglas usw. verdankten ihre Aufnahme in England lediglich oder doch vorzugsweise protestantischen Flüchtlingen.¹⁾

In dem Bergbau, der in England schon seit alten Zeiten besonders auf Zinn und Kupfer betrieben wurde, sollen im Mittelalter wesentliche Verbesserungen von Deutschland aus übernommen worden sein. Der deutsche Bergbau stand damals an der Spitze aller anderen Länder.

Die neuen nach England verpflanzten Gewerbezweige zugleich mit denen, die auch schon vorher dort heimisch waren, entwickelten sich in dem 17. und 18. Jahrhundert zu hoher Blüte, vor allem auch durch die Vormachtstellung des englischen Handels, durch die vorteilhafte geographische Lage des Landes zu den Welthandelsstraßen begünstigt. Nicht minder hat die Entwicklung im 18. Jahrhundert der Umstand gefördert, daß England von den inneren Kämpfen, die die Staaten des Kontinents zerrütteten, fast ganz verschont blieb und sich frühzeitig eine Staatsverfassung erringen konnte, die dem größeren Kreis von Bürgern auch eine persönliche Betätigung an der Regierung des eigenen Landes ermöglichte.

So waren die allgemeinen politischen Verhältnisse für die Entwicklung des englischen Handels und Gewerbes gegenüber den Staaten, mit denen es in Wettbewerb zu treten hatte, außerordentlich günstig.

Das 18. Jahrhundert zeigt eine wunderbare Entwicklung Englands. Die Bevölkerung vermehrte sich in einem Zeitraum von 100 Jahren um mehr als das Doppelte, und das Einkommen des Volkes stieg noch um das Mehrfache. Der Vorsprung, den die Festlandsstaaten fast auf allen Gebieten der Kunst, Wissenschaft und vor allem in der Gewerbetätigkeit, z. B. im Schiffbau vor England voraus hatten, wurde schnell eingeholt und auf einzelnen Gebieten vielfach weit überholt.

Wie ungeheuer groß war der Umschwung in einem Jahrhundert, wenn man berücksichtigt, daß vorher England Rohprodukte auf fremden Schiffen ausführte, die ihnen wieder die gewerblichen Erzeugnisse der anderen Länder zuführten. „Holländer verkauften uns“, sagt Smiles, „die Heringe, die sie an unseren Küsten gefangen hatten.“

In die Zeit, in der überall in England die Gewerbetätigkeit aufblühte, zu Anfang des 18. Jahrhunderts, fällt auch die Entstehung der Dampfmaschine in England. Es hieße, die im 2. Teil behandelte technische Entwicklung vorausnehmen, wenn hier versucht werden sollte, die Einführung der Dampfmaschine in England im einzelnen darzustellen. Nur in großen allgemeinen Zügen sei deshalb darauf hingewiesen.

Die Dampfmaschine entstand, wie schon mehrfach hervorgehoben wurde, aus dem zwingenden Bedürfnis des Bergbaues, der die unterirdischen Wasser nicht mehr mit den Mitteln eines alten Maschinenbaues bewältigen konnte.

¹⁾ s. H. Lecky, Geschichte Englands im 18. Jahrhundert, deutsch von F. Löwe, Leipzig 1879, Bd. I.

Versuche, hier zuerst mit einfachen Druckapparaten, den Saveryschen Maschinen, Hilfe zu bringen, schlugen fehl. Erst einem Grobschmied Thomas Newcomen, der sich mit einem Glaser John Cawley verband; gelang es, eine für den bergbaulichen Großbetrieb geeignete Wärmekraftmaschine zu schaffen.

Beide waren aus Dartmouth in Devon. Der Erbauer der Maschine und die eigentliche treibende Kraft des Unternehmens war Newcomen. Er soll durch Saverys Arbeiten auf den Gedanken, die Dampfkraft auf Grubenbetrieben anzuwenden, gekommen sein. Seiner zähen Ausdauer gelang es, die großen Schwierigkeiten, die anfangs dem Bau der ganz neuartigen Maschine im Wege standen, zu überwinden. Er selbst mußte es erst lernen, die für die Maschine nötigen Einzelteile in brauchbarem Zustande herzustellen, ehe an einen Erfolg seiner Idee zu denken war.

1711 schlugen die beiden Kunstmeister zuerst ihre Maschine für die praktische Verwendung im Bergbau vor. Es handelte sich um eine Wasserhaltungsmaschine zu Griff in Warwickshire; aber ihr Anerbieten wurde nicht angenommen. Im März 1712 gelang es ihnen durch persönliche Beziehungen, den Auftrag auf eine Wasserhaltungsmaschine für Back zu Wolverhampton zu erhalten. 1713 finden wir zwei Newcomen-Maschinen zu Newcastle und eine dritte wurde im gleichen Jahre zu Austhorpe in Yorkshire unter Cawleys Leitung aufgestellt. 1717 wurde die erste Dampfmaschine zu Whitehaven in Cumberland errichtet. 1719 finden sich schon atmosphärische Maschinen im Norden Englands zu Oxclose bei Washington und zu Norwood. In Schottland wurde 1720 schon die zweite Maschine auf einer Steinkohlengrube in der Nähe von Falkirk errichtet. Um die gleiche Zeit hatten auch die Londoner Wasserwerke bereits ihre erste atmosphärische Maschine.

Der erste ausführliche Kostenanschlag für eine Maschine im Jahre 1725 zeigt uns auch, daß bereits nahe bei London eine besondere Fabrik für die Herstellung der Dampfzylinder, Pumpen und Ventile und anderer Maschinenteile bestand, von der die Grubenbesitzer diese Einzelteile beziehen und zugleich auch geschickte Monteure erhalten konnten, die ihnen die Maschine aufzustellen und in Gang zu setzen vermochten. Die Besitzer waren Londoner Kaufleute, die eine offene Handelsgesellschaft bildeten und die Patente Saverys, unter denen auch die Newcomensche Erfindung mit einbegriffen war, erworben hatten; von ihnen mußte deshalb auch die Erlaubnis, eine Maschine zu erbauen, bis zum Erlöschen des Patentes erkaufte werden. So zeigte sich neben der reinen Kunstmeistertätigkeit bereits eine fabrikmäßige Herstellung der wichtigsten Teile.

Als Newcomen 1729 in London gestorben war und einige Jahre darauf auch seine Patente erloschen, begann sich der Bau der atmosphärischen Maschinen langsam und stetig in den einzelnen Grubenbezirken Englands auszudehnen. Die Kunstmeister, die bisher die maschinellen Einrichtungen der bergwerklichen Betriebe erbaut und in Stand gehalten hatten, lernten

es bald, auch die einfache Feuermaschine nach dem Vorbilde Newcomens zu errichten.

Zu den bekanntesten Erbauern der Feuermaschinen in England gehörten die Hornblowers in Cornwall, die in ihrer dritten Generation sehr ernst mit Watts Arbeit in Wettbewerb traten.

Die Familie der Hornblower ist mit der Geschichte der Dampfmaschine eng verbunden. Der erste, der sich mit der Feuermaschine beschäftigte, war Joseph Hornblower aus Bromsgrove, Worcestershire, bei Birmingham, der 1712 als Kunstmeister in Wolverhampton tätig war. 1725 zog er nach Cornwall in die Nähe von Redruth und wurde dort Maschinenmeister der Grube Wheal Rose, deren atmosphärische Maschine er wahrscheinlich erbaute. 1720 gab es erst zwei Feuermaschinen in Cornwall, die eine 1714, die andere 1720 erbaut, die Maschine Hornblowers war die dritte. Seine beiden Söhne Jonathan und Josiah, folgten dem Beruf des Vaters, auch sie wurden Kunstmeister. Sie erbauten um 1750 die erste Feuermaschine Amerikas, und Josiah Hornblower, damals 25 Jahre alt, begleitete die Maschine nach der neuen Welt. Er beabsichtigte, sobald er die Maschine dem regelmäßigen Betrieb übergeben hätte, zurückzukehren. Bald aber wurde ihm Amerika zur neuen Heimat, zumal er sich im zweiten Jahre seines Aufenthalts mit der Tochter eines Farmers verheiratete. Josiah Hornblower, der erste Dampfmaschineningenieur Amerikas, wurde der Stammvater einer großen hochgeachteten Familie.

Sein Bruder Jonathan erwarb sich indessen in Cornwall einen immer größeren Ruf als Feuermaschinen-Baumeister. Smeaton nennt ihn neben John Nancarrow, der später nach Amerika (Philadelphia) übersiedelte, als den bedeutendsten Erbauer der atmosphärischen Maschinen. Auch die Söhne Jonathan Hornblowers: Jonathan, Jesse, Jethro, Jabez Carter wurden wieder Maschinenbauer. Soweit sie sich mit dem Neubau von Maschinen abgaben, kamen sie bald mit den sehr umfassenden Patenten Watts in Konflikt, und die großen Patentprozesse, die für Watt günstig ausfielen, vernichteten fast ganz die Entwicklung ihres Maschinenbaues. Am bedeutendsten wurde Jonathan als Erfinder der Mehrfach-Expansionsmaschine. Er starb 1812 oder 1813. Jabez Carter schrieb eine Geschichte der Dampfmaschine, die aber nur in der ersten Auflage der „Mechanics for Practical Men“ von Dr. Ol. Gregory vollständig erschien. Er starb 1814. Mit ihm erlosch die hundertjährige Verbindung des Namens Hornblower mit der Dampfmaschine.¹⁾

Was die Bauart der atmosphärischen Maschinen im ersten halben Jahrhundert ihres Bestehens anbelangt, so blieb sie im wesentlichen die gleiche, die sie anfangs gewesen war, bis wieder das dringende Bedürfnis, den hohen Kohlenverbrauch einzuschränken, zu wesentlichen Verbesserungen führte, wodurch zugleich das Anwendungsgebiet der Dampf-

¹⁾ s. Engineering 1876, Bd. II, S. 383.

maschine beträchtlich erweitert wurde. Und zwar war es einer der größten englischen Ingenieure, John Smeaton, der sich die weitere planmäßige Entwicklung der Newcomenschen Erfindung angelegen sein ließ. Smeaton kennzeichnet zugleich auch den Übergang von dem rein empirischen Maschinenbau der alten Kunstmeister zu dem auf wissenschaftlichen Beobachtungen begründeten Maschinenbau neuerer Zeit.

Smeaton war am 8. Juni 1724 als Sohn eines Rechtsanwalts zu Austhorpe bei Leeds geboren; er starb am 28. Oktober 1792. Mit einer guten, dem Stande seines Vaters entsprechenden Bildung ausgerüstet, sollte er ebenfalls die Rechte studieren; seine Neigungen aber führten ihn der Technik zu, von der man in seinen Kreisen damals noch sehr gering dachte, deren Vertreter man nur in den Kunstmeistern, die man zu den einfachen Arbeitern rechnete, kannte. Nur die Feinmechaniker, die wissenschaftliche, mathematische Instrumente anfertigten, hatten hierdurch gewissermaßen Beziehungen zu den oberen Ständen und wurden etwas höher bewertet.

Der junge Smeaton mußte deshalb seine Ingenieurlaufbahn als Feinmechaniker beginnen. 1754 finden wir ihn auf Studienreisen in Belgien und Holland. Nach England zurückgekehrt, wurde er besonders berühmt durch den von ihm endlich glücklich vollendeten Leuchtturm zu Eddystone, bei dem er zuerst unter Wasser erhärtenden Mörtel: Zement, anwendete.

Frühzeitig wandte er sich mit besonderem Interesse dem Maschinenbau zu. Er suchte möglichst die unbeholfenen hölzernen Teile der alten Maschinen durch eiserne zu ersetzen. So führte er die ersten gußeisernen Achsen für Wasserräder und auch für Windmühlen ein.

Eigenartig ist vor allem, wie er die Verbesserung der atmosphärischen Maschine in die Hand nahm. Treu seiner Regel, sich niemals da auf theoretische Betrachtungen zu verlassen, wo die Möglichkeit vorhanden war, durch Versuche die Wirkungsweise der Maschine kennen zu lernen, begann er planmäßig, vorhandene atmosphärische Wasserhaltungsmaschinen zu untersuchen. Die folgerichtigen Schlüsse aus den Ergebnissen dieser Versuche bildeten die Grundlage für weitere Arbeiten.¹⁾

1767 waren allein in der Nähe von Newcastle 57 atmosphärische Newcomen-Maschinen im Betrieb, deren Gesamtleistung etwa 1200 PS betragen haben mochte. Auch für den Gewerbebetrieb suchte man sie passend einzurichten und die hin- und hergehende Bewegung in Drehbewegung um-

¹⁾ Smiles, *Lives of the Engineers*, London 1861, dem die oberen Angaben über Smeaton entnommen sind, erzählt folgende interessante Äußerung des großen Ingenieurs:

One of Smeaton's rules was, never to trust to deductions drawn from theory in any case where one could have an opportunity for actual experiment. „In my own practice,“ he said, „almost every successive case would have required an independent theory of its own. In my intercourse with mankind I have always found those who would thrust theory into practical matters to be, at bottom, men of no judgment, and pure quacks.“

zuwandeln. Aber alle die Bestrebungen, ihren Wirkungskreis mehr auszuweiten, mußten doch schließlich an dem hohen Kohlenverbrauch scheitern, der in dem Wesen der Maschine begründet war.

So notwendig anfangs die atmosphärische Maschine auch war, so wichtig war es auch, durch eine wesentliche Veränderung des Arbeitsvorganges eine bessere Brennstoffausnutzung zu erreichen.

Die Sachlage kennzeichnete Price 1778 mit den Worten:

„Durch Newcomens Maschine wurde es uns möglich, unsere Schächte doppelt so tief als früher abzuteufen. Seitdem diese Erfindung vervollständigt worden ist, sind alle anderen derartigen Versuche erfolglos geblieben. Der Nutzen wird indes durch den ungeheuren Brennstoffverbrauch bedeutend vermindert, denn jede Feuermaschine von einiger Größe verbraucht für 3000 £ Kohlen im Jahre, eine Summe, die nahezu so groß ist, daß sich die Anwendung fast nicht mehr lohnt.“

Wieder hatte man das Ende des Weges erreicht und sah sich erwartungsvoll nach einem Fortschritt auf diesem Gebiete um, der die wirtschaftliche Anwendung der Dampfkraft in größerem Umfange ermöglichen sollte.

Dem genialen Schotten James Watt war es vorbehalten, die Aufgabe in weitgehendster Weise zu lösen und England und der Welt die eigentliche Dampfmaschine zu geben, mit der es erst möglich wurde, allen den bereits vorhandenen und später noch zu schaffenden Arbeitsmaschinen Kraft und Bewegung zu geben. Die Geschichte der Dampfmaschine in den letzten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts ist die Geschichte der Wattschen Erfindungen, ist die Geschichte der ersten von Watt und Boulton gegründeten Dampfmaschinenfabrik der Welt.

James Watt wurde am 19. Januar 1736 in Greenock am Clyde geboren. Sein Vater war Zimmermann und Schiffbauer. Häuser, Schiffe, Möbel aller Art und Ausrüstungsgegenstände für Schiffe fertigte er an und handelte auch damit. Selbst mathematische Instrumente verstand er, wenn es verlangt wurde, anzufertigen.

James Watt wird als ein überaus schwächliches Kind geschildert, das nur durch aufopfernde Pflege dem Leben erhalten werden konnte. Einsam und still verliefen die Kinderjahre des Mannes, dessen Lebensarbeit der Beginn unseres großen Maschinenzeitalters werden sollte. Eine außerordentlich rege Phantasie war ihm eigen, die sich schon in dem Kinde durch Erzählen von Märchen äußerte, die er bei seinen einsamen Spielen, bei seinen einsamen Spaziergängen zu erdenken, sozusagen selbst zu erleben pflegte. Und bis ins späte Alter erhielt sich bei dem großen Ingenieur, der das angeblich poesielose Maschinenzeitalter geschaffen hat, diese Lust am Fabulieren, diese Kunst des Märchenerzählens, mit der er noch als 80jähriger Greis einen Walter Scott auf das höchste entzückte.

In der Werkstatt des Vaters erwarb er sich schon als Knabe große Handfertigkeit und außergewöhnliche Sicherheit in der Benutzung der

Werkzeuge. Ebenso wie Smeaton, sein großer Vorgänger, entschloß sich auch Watt zum Beruf eines Feinmechanikers. Zuerst in Glasgow, dann in London erlernte er in einem Jahre diesen Beruf so weit, daß er voller Zuversicht daran denken konnte, sich sein Brot selbst zu verdienen. 20 Jahre alt beschloß er, sich in Glasgow als Feinmechaniker niederzulassen.

Es gehört zu den reizvollen Einzelheiten, an denen auch die Weltgeschichte so reich ist, daß er, dessen Lebensarbeit einst alle die alten erstarrten Zunftgesetze über den Haufen werfen sollte, gleich hier bei seinem ersten Eintritt in das gewerbstätige Leben, mit diesen Zunftgesetzen zusammenstieß; denn in Glasgow durfte damals nur der Sohn eines Glasgower Bürgers, der in Glasgow seine Lehrzeit bestanden hatte, ein Handwerk betreiben. Aber der Ort der wissenschaftlichen Forschung, die Universität, bot ihm Schutz und Unterkunft. Sie räumte ihm auf ihrem Gebiete eine kleine Werkstatt und Verkaufsstelle ein.

Außerordentlich mannigfach nach unserem heutigen Begriff sind die Arbeiten, die James Watt damals auszuführen hatte, um sich den nötigen Lebensunterhalt zu erwerben. Mathematische und musikalische Instrumente, große Orgeln und anderes mehr fielen in sein Arbeitsgebiet. Die Mußstunden wurden benutzt, um die Lücken seiner allgemeinen Bildung auszufüllen. Der rege Verkehr, der sich bald zwischen dem einfachen Feinmechaniker und den Studenten und Professoren der Universität anbahnte, führte auch Watt zur ersten Beschäftigung mit der Dampfkraft.¹⁾

1759 war das Problem: „die Dampfmaschine“ zuerst in seinen Gedankenkreis eingedrungen und hatte hier einen Nährboden gefunden, auf dem es sich bald in großartiger Weise zu entwickeln begann. Außerordentlich interessant ist es, aus den Briefen Watts selbst verfolgen zu können, wie ungeheuer fest die Idee ihn gepackt hält, wie vergeblich er dagegen ankämpft, sich von ihr zu befreien sucht, da das Nachdenken über die Maschine ihn zeitweise für die Berufspflichten, die zu erfüllen für seinen Lebensunterhalt doch unumgänglich notwendig war, untauglich macht. Aber, „alle meine Gedanken sind auf die Maschine gerichtet, ich kann an nichts anderes mehr denken“, muß er 1765 einem seiner Freunde beichten.

Die ersten Versuche, eine brauchbare Dampfmaschine nach seiner Idee herzustellen, schlugen fehl. Wieder lag es nicht an der Idee, sondern an der Ausführung. Watt selbst war Feinmechaniker, sein erster und einziger Gehilfe war ein alter Klempner; andere Werkzeuge, als in diesen beiden Berufsarten damals gebraucht wurden, standen nicht zur Verfügung. Geld und Arbeit schienen umsonst aufgewendet. Watt, um eine bittere Enttäuschung reicher, mußte versuchen, als Feldmesser und Zivilingenieur bei Wege- und Kanalbauten sein und seiner Familie Lebensunterhalt zu verdienen. Dem ideenreichen Ingenieur fehlte der kapitalkräftige kühne Unternehmer.

¹⁾ Im zweiten Teil wird ausführlich über den Entwicklungsgang der Wattschen Arbeiten zu berichten sein.

Der Freund Watts, Dr. Black, fand ihn schließlich in Dr. Roebuck, der für seine großen Eisenwerke am Flusse Carron in Schottland und für seine großen Bergbauunternehmungen eine leistungsfähige Kraftmaschine dringend notwendig hatte und somit auch den Wert der Watt'schen Erfindung aus eigenem Bedürfnis heraus beurteilen konnte.

Dr. Roebuck war 1718 zu Sheffield geboren; er starb 1794. Er studierte Medizin und Chemie und war längere Zeit in Birmingham als praktischer Arzt tätig, wobei er sich besonders um die Fabrikation chemischer Produkte bekümmerte und auch geschäftlich bereits auf diesem Gebiete Erfolge aufzuweisen hatte. Ende der 50er Jahre erbaute er das Kokshochofenwerk zu Carron, das am 1. Januar 1760 angeblasen wurde. Schon 1772 beschäftigte dieses Werk mit den dazu gehörigen Anstalten über 2000 Arbeiter. Damit hat Dr. Roebuck den Grund zu der heute so großen schottischen Eisenindustrie gelegt.¹⁾

Roebuck bezahlte zunächst 20000 M., die Watt bereits für die Dampfmaschine verwendet hatte, und verpflichtete sich, auch die weiteren Kosten für Versuche und die Patentgebühren zu tragen, wofür ihm zwei Drittel des Eigentumsrechts an Watts Erfindungen zufallen sollten.

Eine neue kleine Maschine wurde in Angriff genommen, und da sie befriedigend ausfiel, ging man auch energisch daran, sich die Erfindung gesetzlich schützen zu lassen. Auch das gelang, und nun wurde in Kinneil, wo Dr. Roebuck wohnte, eine größere Dampfmaschine in Angriff genommen. Mangelhafte Ausführung führte auch hier wieder zu einem Mißerfolg. Außerordentlich starke Überarbeitung Watts, der neben der Sorge für seine Maschine seine beruflich übernommenen Vermessungsarbeiten zu erledigen hatte, Geldverlegenheiten Roebucks, die es nicht einmal ermöglichten, Watts Patentkosten zu bezahlen, ließen Watt selbst verzweifeln. „Es gibt nichts törichtereres im Leben als das Erfinden,“ schrieb Watt damals einem seiner Freunde. Nachdem er sich 12 Jahre mit der Dampfmaschine beschäftigt hatte, sah er noch nicht den geringsten praktischen Erfolg. „Ich bin jetzt 35 Jahre alt und ich habe meiner Ansicht nach der Welt noch nicht für 35 Pfennig genützt,“ klagte er damals.

Die Hoffnungen, die Watt auf Dr. Roebuck gesetzt hatte, schwanden immer mehr dahin. Roebuck hatte sich an weitsichtigen Unternehmungen des Kohlenbergbaues beteiligt und dabei sein und seiner Freunde Vermögen eingebüßt. Wie sollte er, der selbst nichts mehr besaß, noch für die Dampfmaschine etwas übrig haben?

Da wurde Watt durch einen seiner Freunde und eine geschäftliche Verbindung Roebucks mit einem von Englands Großunternehmern, mit Matthew Boulton zusammengeführt, dessen großartigem Organisations-talent und zäher unüberwindlicher Ausdauer es gelang, den genialen Ideen Watts auch den praktischen Erfolg zu sichern.

¹⁾ s. Smiles.



Matthew Boulton

geb. 3. Sept. 1728, gest. 17. Aug. 1809

Boulton wurde am 3. September 1728 als Sohn eines kleinen Metallwarenfabrikanten in Birmingham geboren. Unter seiner Leitung entwickelte sich das väterliche Geschäft zusehends, was dazu führte, die Werkstätten von Birmingham nach Soho, einem Landgute in der Nähe der Stadt, das für große Fabrikanlagen Platz bot, zu verlegen. Das Geschäft wuchs stetig. 1770 beschäftigte es schon 800 Arbeiter. Zwei große Wasserräder waren die Kraftmaschinen des Werkes, und nur zu oft versagten sie wegen Wassermangels und führten den Stillstand der vielen Arbeitsmaschinen herbei. So wurde auch Boulton durch das praktische Bedürfnis, durch die Mängel der vorhandenen Kraftmaschinen, auf die neue Wärmekraftmaschine geführt. Er selbst beschäftigte sich mit Versuchen, die vorhandene atmosphärische Maschine zu verbessern. Auch an Dr. Roebuck hatte er sich um Rat und Auskunft über Dampfmaschinen gewendet und hatte von Watts Arbeiten an der Dampfmaschine erfahren. Roebucks Zahlungsschwierigkeiten führten dann zu einer näheren Verbindung Boultons mit Watt. Denn Boulton, der von Roebuck 24000 M. zu erhalten hatte, erklärte sich bereit, auf diesen Anspruch gegen Roebucks Anteil am Wattschen Patent zu verzichten. Die anderen Gläubiger Roebucks waren sehr damit einverstanden, da sie Watts Erfindung nicht den geringsten Wert beimaßen. So wurde denn die in Kinneil erbaute Dampfmaschine „der Beelzebub“ genannt, 1773 nach Soho geschafft, und Watt selbst folgte ihr im Frühjahr 1774. Unter seiner Aufsicht und Leitung wurde die Maschine aufs neue hergestellt und dank den geschickten Metallarbeitern, die ihm hier zur Verfügung standen, war der Erfolg zufriedenstellend.¹⁾

Inzwischen aber waren bereits 6 Jahre von dem auf 14 Jahre lautenden gesetzlichen Schutz der Erfindung verflossen, und Boulton erschienen die übrigen 8 Jahre zu kurz, um mit Sicherheit auf einen geschäftlichen Erfolg des Dampfmaschinengeschäfts rechnen zu können, zumal er nicht mit Unrecht annahm, daß noch eine geraume Zeit und erhebliche Geldmittel nötig sein würden, bis die Wattsche Dampfmaschine allen praktischen Anforderungen genügen konnte. Deshalb machte er seine finanzielle Unterstützung von der Patentverlängerung abhängig. Watts und seiner Freunde Bemühungen gelang es schließlich 1775, trotz des heftigen Widerstandes der Grubenbesitzer, den Patentschutz noch auf 25 Jahre, also bis 1800, verlängert zu erhalten. Auf die gleiche Zeit lautete auch der Geschäftsvertrag zwischen Boulton und Watt.

Dieser denkwürdige Vertrag, die Grundlage für das Zusammenarbeiten des großen Ingenieurs und des großen Unternehmers, denen beiden die Welt so außerordentlich viel zu verdanken hat, ist in einem Brief Boultons an

¹⁾ 1777 verbrannte die Maschine, eine neue, „Old Bess“, wurde erbaut. Hatte „Beelzebub“ nur 18 Zoll Zylinderdurchmesser und 5 Fuß Hub, so waren bei der neuen Maschine diese Hauptabmessungen schon auf 33 Zoll und 7 Fuß gestiegen.

Watt, Soho Juli 1776, enthalten und findet sich in Muirhead Band II, S. 98; er lautet:

1st. You have assigned to me two-thirds of the Act of Parliament, on the following conditions.

2nd. I to pay all expenses of making all the experiments, and of obtaining the Act of Parliament, and all other expenses relative to the engine which were incurred before June 1775; and I am also to bear all the expenses of future experiments, and all such money is to be sunk by me, and not to bear any interest, nor be carried to my account with you; but the experimental machines are to be my property, as they are purchased at my expense.

3rd. I am to advance all the stock necessary for carrying on the engine trade, for which I am to receive lawful interest.

4th. The profits arising from the trade, after paying or deducting interest (as in 3rd), workmen's wages, and all debts owing by our engine trade, to be divided into three parts; you are to take one-third, and I to take two-thirds.

5th. You are to make drawings, surveys, and give directions; the engine company to pay travelling expenses when upon business.

6th. I am to take care that the books are kept accurately, and that they are balanced once a year; and I am also to assist in managing workmen, making bargains, or doing whatever we may jointly think is for the interest of the trade.

7th. A book to be kept where in are to be entered such transactions as are worthy of record, and, when signed by us both, to have the same force as our articles of partnership.

8th. Neither of us to alienate our shares without the consent of the other; and if either of us should die, or be incapacitated from acting for ourselves, the other is to be sole manager, without control of heirs, executors, or assigns; but the books are to be subject to their inspection, and the acting partner to be allowed a reasonable commission for his extra trouble.

9th. The contract to continue in force for twenty-five years from the 1st of June, 1775.

10th. Our heirs, executors, &c., are bound to observe the contract.

11th. In case we both die, our heirs, &c., to succeed upon the same plane.

Die Dampfmaschinenfabrik von Boulton und Watt begann ihre großartige Tätigkeit. Die beiden Männer ergänzten einander aufs beste. Watt, der sich vor nichts mehr scheute, als mit anderen Leuten geschäftlich in Berührung zu treten, wurde in vollkommenster Weise durch Boulton ersetzt, dem die Aufregungen des Geschäftslebens und die Organisation der gewerblichen Arbeit ein Genuß waren. Watt, ein in sich gekehrter stiller Konstrukteur; Boulton, der großartig angelegte Unternehmer, ein Erfinder und ein Kaufmann, beide unübertroffene Meister auf ihren Gebieten, hatten sich vereint, dem gewerblichen Leben die Kraftmaschine zu verschaffen, die es so notwendig brauchte.

Der Kampf für die Dampfmaschine begann. Immer größere Geldmittel verschlang der Bau der Dampfmaschinen, und noch immer war an Verdienen nicht zu denken. Boulton griff sein Vermögen an; das seiner Frau folgte; bedeutende Schuldenlasten mußten aufgenommen werden; was die Metallwarenfabrik verdiente, fraß die Dampfmaschine. Watt war mutlos und verzagt, er fürchtete sich vor dem Schuldgefängnis; aber Boulton,

der die Gefahr eines Sturzes wohl noch deutlicher vor Augen sah, hielt aus. Erst von 1785 an, als über 80000 M. — eine für die damalige Zeit ungeheure Summe — ausgegeben waren, begann sich der Lohn für Boultons zähe Ausdauer in barer Münze auszudrücken. Noch einmal, 1788, brachte eine allgemeine schwere Handelskrisis das ganze Vermögen Boultons, das bei den verschiedensten industriellen Unternehmungen beteiligt war, in Gefahr. Ein schweres körperliches Leiden raubte ihm seine geistige Widerstandsfähigkeit; eine unsäglich trübe Zeit war für den Mann gekommen, der trotz aller seiner Arbeit die materielle Zukunft seiner Familie noch nicht gesichert sah. Das geschäftliche Unglück ging vorüber, das körperliche Leiden schwand, und Boulton gewann zugleich seinen ganzen Unternehmungsmut wieder. Das Dampfmaschinengeschäft war im richtigen Fahrwasser, und jetzt endlich begann die Zeit, wo es goldene Früchte trug.

Aber Boulton war mit den Erfolgen auf diesem Gebiete noch nicht zufrieden. Sobald das Dampfmaschinengeschäft gesichert war, wandte er sich neuen Arbeiten zu, und zwar waren es besonders neue Prägmaschinen für die staatlichen Münzwerkstätten, denen er sich mit größtem Erfolge widmete. Nach Watts Ansicht hätte Boultons Arbeit auf diesem Gebiete allein genügt, seinen Namen in der Geschichte der Technik unsterblich zu machen. Erst der Tod setzte den Arbeiten des unermüdlichen Mannes ein Ziel. Boulton starb am 17. August 1809. Watt schrieb damals an Boultons Sohn und Nachfolger über seinen Freund und Mitarbeiter: „Wenige Menschen haben seine Fähigkeiten besessen, und noch weniger haben sie so angewandt, wie er es getan hatte. Nehmen wir seine Leutseligkeit, seine Großmut und seine Liebe zu seinen Freunden, so haben wir einen Charakter, der selten seinesgleichen hat.“

Der Dampf, der bei den atmosphärischen Maschinen nur als Mittel zum Auslösen des Luftdruckes gedient hatte, war bei den Wattschen Maschinen zur treibenden Kraft geworden, und die riesigen Dampfverluste, die sich nicht vermeiden ließen, so lange Zylinder und Kondensator noch vereint waren, hatte Watt durch Einführen des vom Zylinder getrennten Kondensators sehr beträchtlich vermindert.

Anfangs war auch die Wattsche Maschine lediglich als Wasserhaltungsmaschine der Bergwerke gedacht, wo sie zunächst in den kohlenarmen Bezirken die atmosphärische Maschine mit ihrem riesigen Kohlenverbrauch verdrängte. Vor allem war es Cornwall, das sich eifrig nach einer neuen Kraftmaschine umsah. Schon 1771, als Watt noch mit Dr. Roebuck zusammen arbeitete, schrieb Dr. Small an ihn, er habe soeben erfahren, daß vier oder fünf große Kupferminen in Cornwall im Begriff stünden, ihren Betrieb ganz still zu legen, weil sie die Kohlen nicht mehr zu bezahlen vermöchten. Ebenso seien in Derbyshire einige Bergbaubetriebe, die ihre Gruben verlassen müßten, „wenn Sie ihnen nicht helfen.“

Durch diese Notlage der Grubenbesitzer wurde naturgemäß die Einführung der Wattschen Maschine, die sich überall auf das beste bewährte,

äußerst begünstigt. Watt und Boulton reisten im Lande umher, und überall begann man, mit der neuen Maschine Versuche zu machen.

1775 wurden Watt in London mehrere Dampfmaschinen für die städtischen Wasserwerke in Aussicht gestellt, und Boulton konnte im April 1775 Watt mitteilen, daß zahlreiche Maschinen in Cornwall verlangt würden und die Grubenbesitzer dringend die Bedingungen, unter denen die Firma liefern wolle, zu wissen wünschten.

Ein Jahr später schon glaubte Boulton die jährliche Erzeugung der Dampfmaschinenfabrik auf 12 bis 15 Wasserhaltungsmaschinen und 50 Maschinen mit Drehbewegung festsetzen zu können. Boulton ging vollkommen auf in der Aufgabe, die Dampfmaschine in alle Betriebe einzuführen, und er drängte geradezu Watt, geeignete Konstruktionen auch für die gewerblichen Betriebe zu entwerfen, denn er sah wohl ein, daß Cornwall nicht allein als Absatzgebiet genügen würde. Boulton kannte kaum noch einen anderen Gedanken als Dampfmaschinen. „Ich konnte letzte Nacht nicht schlafen,“ schrieb er an Watt 1776, „mein ganzes Denken wird eingenommen vom Dampf“; und nun kommen ganze Berechnungen über die Kosten der Dampfmaschinenkraft, die alle die Frucht seiner „wachenden Träume“ sind.

Der Erfolg der Wasserhaltungsmaschinen in Cornwall überstieg sogar die größten Erwartungen Watts. Wattsche Maschinen sparten $\frac{3}{4}$ von den Kohlen auch guter atmosphärischer Maschinen. 1783 waren alle Feuermaschinen bis auf eine in Cornwall durch Wattsche Dampf Niederdruckmaschinen ersetzt. Besonders die sehr tiefgehenden Gruben Cornwalls wären ohne Watts Dampfmaschinen sämtlich verloren gewesen.

Die erste Maschine mit Drehbewegung baute Watt 1782 für John Wilkinson, den berühmten Eisenhüttenmann Englands, der vereint mit seinem Bruder auch in Frankreich, Belgien und Deutschland kraftvoll in die Entwicklung des Eisenhüttenwesens eingegriffen hat.

Es war eine kleine Maschine, von deren Welle aus ein kleiner Stielhammer in der gleichen Weise, wie vorher durch Wasserräder, angetrieben wurde. Auf den Bradley-Eisenwerken kam er zuerst in Betrieb und „er götzte alle durch seine flinken und schnellen Bewegungen“. Von allen Seiten kamen die Fachmänner, die neue Anwendung der Dampfkraft zu sehen, und schnell verbreitete sich der Erfolg der neuen Maschine; denn wenn auf anderen Werken wegen Wassermangels gefeiert werden mußte, konnte Wilkinson arbeiten.

1783 wurde dann eine Fördermaschine auf einer Erzgrube in Cornwall von Watt erbaut; 1784 eine Ölmühle zu Hull und zugleich die erste Maschine für die Albion-Getreidemühlen zu London, jene berühmte erste große Dampf mühle der Welt. Boulton erkannte, daß eine große Dampf anlage mitten in London am besten geeignet wäre, die Verwendungsmöglichkeit der Dampfmaschine für den Gewerbebetrieb weitesten Kreisen klarzulegen.

1786 wurde die erste Dampfmaschine in Betrieb gesetzt.

Die Mühle wurde von Besuchern nicht leer; die beste Gesellschaft Londons gab sich in der Maschinenstube ein Stelldichein. Alle waren überrascht durch den ruhigen Gang der mächtigen Maschinen, von denen jede etwa 50 PS leistete. Watt ärgerte sich über den Jahrmarktstrubel in der Mahlmühle. Die Besucher hielten die Arbeiter nur von der Arbeit ab. Sein Ärger ging in Zorn über, als er hörte, daß die Geschäftsleiter zur Feier der Eröffnung ein großes Maskenfest in den Räumen der Mühle veranstalten wollten. Das sei ein toller Blödsinn. „Was haben denn alle die Herzöge, Herren und Damen in einer Mahlmühle zu tun? Da wir von allen Seiten mit Neid angesehen werden, sollte man tunlichst alles vermeiden, was Aufsehen erregt. Verzichten wir auf die Anerkennung des großen Haufens. Begnügen wir uns damit, die Sache zu machen.“ Der energische Einspruch Watts half, man schloß die gastlichen Tore der ersten Mahlmühle Londons für alle neugierigen Besucher.

1784 wurde auch eine Dampfmaschine in der Brauerei von Goodwyne zu London und mehrere andere, im ganzen 7 Maschinen in diesem Jahre, in Betrieb gesetzt.

1785 errichteten Boulton und Watt auch für die Baumwollspinnerei Robisons zu Papplewick eine Betriebsmaschine, die erste Wattsche Maschine in einem Fabrikbetrieb, der ein ganz hervorragend guter Kunde der Dampfmaschinenbauer werden sollte.

1787 kamen dann weitere Betriebsmaschinen für Spinnereien zu Warrington, ferner zu Nottingham in Betrieb. 1789 wurde auch die erste Betriebsmaschine einer Baumwollspinnerei in Manchester für Peter Trinkwater errichtet. 1790 erhielt auch Arkwright zu Nottingham eine Dampfdruckmaschine.

Arkwright und andere Spinnereibesitzer hatten schon vorher Versuche mit atmosphärischen Maschinen gemacht, und auch nach der Einführung der Wattschen Maschine wurden die alten Feuermaschinen noch vielfach beibehalten, da man die höheren Anlagekosten der neuen Betriebsmaschine scheute, sehr zu Unrecht, wenn man die wesentlich geringeren Betriebskosten in Betracht zog.¹⁾

Immer mehr kam das Bedürfnis zum Ausdruck, die Dampfkraft in allen gewerblichen Betrieben zu verwenden. „Die Leute in London, Manchester und Birmingham sind ‚steam-mill mad‘“ schrieb damals Watt, um das große Interesse an der Dampfmaschine zu kennzeichnen.

Alle Welt begann sich um Dampfmaschinen zu kümmern. Könige und Kaiser besuchten die Sohoer Fabrik und betrachteten staunend die neuen Wunder, die eine neue Zeit ankündigten.²⁾

¹⁾ Ausführliche Darstellungen hierüber s. im Brief von Watt vom 30. April 1817, Muirhead Bd. II, S. 370.

²⁾ Eine interessante Anekdote, die zeigt, mit wie weitem Blick Boulton auch die kulturgeschichtliche Seite seiner Aufgabe auffaßte, wird wie folgt erzählt. König

Welch Mühsale, welch kühne Siege aber auch über Schwierigkeiten, die man für unüberwindlich gehalten hatte, lagen hinter Boulton und Watt, als der Ruhm der Maschine anfang, die Welt zu erfüllen. Immer wieder müssen die Schwierigkeiten hervorgehoben werden, die sich der Ausführung der Dampfmaschine entgegenstellten. Es gab noch keine geschulten Maschinenbauer, man mußte zufrieden sein, handfertige Metallarbeiter hierzu mit der Zeit auszubilden. Werkzeuge und Werkzeugmaschinen mußten geschaffen werden. Das alles in so verhältnismäßig kurzer Zeit zu leisten, wäre auch für einen Boulton und einen Watt zuviel gewesen. Es ist deshalb als besonders günstiger Zufall anzusehen, daß sich zu dem genialen Unternehmer und Konstrukteur nun auch der umsichtige und außerordentlich geschickte Betriebsingenieur in der Person Murdocks hinzugesellte.

William Murdock¹⁾ war über ein halbes Jahrhundert lang zuerst der beste und geschickteste Arbeiter, dann der erfolgreichste Monteur und schließlich ein Betriebsleiter der ganzen Dampfmaschinenfabrikation von Boulton und Watt, wie ihn wohl selten eine Fabrik besessen hat. Ein stiller, verschlossener, einsamer Mann von herkulischem Körperbau, der sich die Gunst der Cornwaller Grubenbesitzer dadurch erwarb, daß es ihm nicht darauf ankam, Tage und Nächte ununterbrochen fortzuarbeiten, wenn es galt, den Betrieb des ganzen Bergwerkes aufrechtzuerhalten. Jahrzehntlang war er der Vorkämpfer der Sohoer Fabrik in den Grubenbezirken Cornwall's. Ihm war es zu verdanken, daß die Einführung der neuen Kraftmaschine so schnell und mit so geringen Störungen vor sich ging. Wenn andere mit der Ingangsetzung der Maschine nicht fertig wurden, und sogar Watt und Boulton wie z. B. bei den Albionmühlen in London schließlich fast den Mut verloren, da mußte Murdock hin. Er war stets die letzte Hoffnung, wenn es galt, die praktischen Schwierigkeiten zu überwinden. In Murdock war der klare, gesunde Menschenverstand verkörpert, der ihn in hervorragendem Maße auch befähigte, aus den Beobachtungen heraus wichtige praktische Neuerungen zu ersinnen. Zahlreiche bedeutsame Erfindungen rühren von ihm her. Er hat durch Einführung des Schiebers die Dampfmaschinensteuerung wesentlich vereinfacht. Vor allem hat er eine Anzahl wesentliche Verbesserungen in der Bearbeitung der wichtigsten Dampfmaschinenteile angegeben. Berühmt wurde er durch die Einführung

Georg III. habe Boulton einst bei einem Besuch gefragt: „In what business are you engaged?“ and he replied „I am engaged, your Majesty, in the production of a commodity which is the desire of Kings.“ „And what is that? What is that?“ asked the King. „Power your Majesty“, replied Boulton he might have said, „I have what all the world wants, and I have what will do more to help relieve the laborers of the world, and I have what will do more to advance civilization, than ever has been done, and more than will be done in all other ways for the next two hundred years.“

¹⁾ Murdock, 1754 in Ayrshire geboren, überlebte noch 20 Jahre seinen großen Meister James Watt; er starb am 15. November 1839 im Alter von 85 Jahren und wurde neben Boulton und Watt begraben.

der Gasbeleuchtung, die von ihm zuerst in größerem Umfange zur Beleuchtung von Fabriken ausgeführt wurde. Daß er sich auch mit dem Dampfwagen beschäftigte, wird an anderer Stelle zu erzählen sein.

Auch Wilkinson gehört zu den Männern, die wesentlich dazu beigetragen haben, die Ausführungsschwierigkeiten der Wattschen Dampfmaschine zu überwinden. Ihm war es 1775 zuerst gelungen, gußeiserne Zylinder in wesentlich genauerer Form herzustellen und zu bearbeiten, als es bis dahin möglich war. Watt und Boulton wußten am besten, was damit für ihre Maschinen gewonnen war, und erkannten die Verdienste Wilkinsons freudig an.

So sehen wir viele hervorragende Männer vereint daran arbeiten, jeder nach seinen besonderen Kräften, die Dampfmaschine zu vervollkommen und dem Menschen dienstbar zu machen. Auch heute läßt sich ein größerer bleibender Erfolg nur da erreichen, wo die Eigenschaften und Fähigkeiten eines Watt, eines Boulton und eines Murdock vereint in den Leitern, Beamten und Arbeitern einer Fabrik zur Wirkung kommen.

Mit dem Beginn des neuen Jahrhunderts hörte das Arbeitsverhältnis zwischen Boulton und Watt auf. Der Vertrag und das Wattsche Patent waren abgelaufen, die Dampfmaschine war Gemeingut der Welt geworden. Watt zog sich auf seinen Landsitz zurück; hier, in seiner Muße noch beschäftigt mit interessanten wissenschaftlichen und technischen Aufgaben, genoß er einen sonnigen, friedlichen Lebensabend.

Sogar die Gesundheit, die ihn schon als Kind und auch in den harten Jahren seiner Lebensarbeit oft im Stich gelassen hatte, blieb ihm jetzt treu. Nur wehmütig umfiug ihn mit jedem Jahre mehr das Gefühl der Einsamkeit, das jeden beschleicht, der seine Freunde und seine Lieben vor sich hinwegsterben sieht.

James Watt starb still und friedlich am 19. August 1819 im Kreise trauernder Freunde. In der Kirche zu Heathfield an Boultons Seite liegt er begraben. Das englische Volk, in dem richtigen Gefühl für die Größe und den unsterblichen Ruhm eines James Watt, gab dem großen Ingenieur einen Platz in der Westminster Abtei, mitten unter den großen Kriegsmännern, Staatshelden und Dichtern. Die Inschrift des Denkmals lautet:

Not to perpetuate a name
which must endure while the peaceful arts flourish,
but to show
that mankind have learned to honour those
who best deserve their gratitude,
the king
his ministers, and many of the nobles
and commoners of the realm
raised this monument to
James Watt,
who directing the force of an original genius,
early exercised in philosophic research

to the improvement of
the steam engine,
enlarged the resources of his country,
increased the power of man,
and rose to an eminent place
among the most illustrious followers of science
and the real benefactors of the world.
Born at Greenock MDCCXXXVI.
Died at Heathfield in Staffordshire MDCCCXIX.

Was Boulton und Watt begonnen hatten, führten im neuen Jahrhundert ihre Söhne im gleichen Sinne weiter. Die Sohoer Werke dehnten sich immer mehr aus. Die Leistung der bis 1824 von Soho gelieferten Dampfmaschinen soll zusammen über 100000 PS betragen haben. Dabei war es nicht die einzige Dampfmaschinenfabrik, wie Boulton gern gewollt hätte, geblieben. Er hatte gemeint, mit seinen Einrichtungen und seiner Fabrik würde er den Bedarf an Dampfmaschinen nicht nur Englands, sondern auch der anderen Staaten bequem decken können. So wenig übersah selbst ein Boulton, dessen Blick allerdings wohl etwas getrübt wurde durch den Wunsch des Unternehmers, das Geld, was sich an Dampfmaschinen verdienen ließe, nun auch allein für sich zu behalten, die Ausbreitungsmöglichkeit der Dampfmaschine.

Nur durch die sehr allgemein gefaßten Wattschen Patente, die rücksichtslos verfochten wurden, war bis dahin der Dampfmaschinenbau das Monopol der Sohoer Fabrik geblieben. Wie von einer lästigen Fessel gelöst, entwickelte er sich von 1800 an außerordentlich schnell an den verschiedensten Orten Englands, und alle Dampfmaschinenfabriken hatten neben der ursprünglichen und ersten Dampfmaschinenfabrik der Welt vollauf zu tun, das sich immer noch steigende Bedürfnis nach der neuen Kraftmaschine zu befriedigen.

Neben den eigentlichen Dampfmaschinenfabriken im heutigen Sinne begannen sich auch erfolgreich einzelne Kunstmeister — Zivilingenieure — mit dem Dampfmaschinenbau zu beschäftigen, die sich die Teile der von ihnen konstruierten Maschine bald hier, bald dort in den mechanischen Werkstätten, Eisengießereien usw. herstellen ließen. Sie hatten ihren Hauptsitz in den Grubenbezirken; hier waren sie die beratenden Ingenieure der Grubenbesitzer. Einen der bedeutendsten aus dem Zeitalter Watts, Jonathan Hornblower, haben wir bereits kennen gelernt.

Zu den berühmtesten am Anfang des 19. Jahrhunderts gehörten Richard Trevithick und Arthur Woolf, beide aus Cornwall gebürtig, wo ihre Väter schon als Kunstmeister und Zimmerleute auf den Gruben tätig waren. Hier auf diesem klassischen Boden des Maschinenbaues haben sie auch ihre größten Schöpfungen ins Leben gerufen. R. Trevithick hat die Hochdruck-Expansionsmaschine, Arthur Woolf die Mehrfach-Expansionsmaschine, die vor ihm schon sein Landsmann Hornblower versucht hat, eingeführt.



Richard Trevithick

geb. 13. April 1771, gest. 22. April 1833

Richard Trevithick wurde am 13. April 1771 in einem Dorfe nahe bei Redruth in Cornwall geboren. Schon als Jüngling half er Murdock beim Aufstellen der Wasserhaltungsmaschinen. Bald begann er auch, auf den verschiedensten technischen Gebieten selbständig zu arbeiten und geistvolle Erfindungen in großer Zahl zur Ausführung zu bringen. Soweit sie den Dampfmaschinenbau betreffen, ist an anderer Stelle darüber ausführlich zu berichten. Kaum je hat ein Ingenieur ein so wechselreiches, schicksalsvolles Leben geführt wie Richard Trevithick. Seine Reise nach Peru, wo seine Hochdruckmaschine den Silberbergbau und damit die Zukunft des ganzen Landes gerettet hatte, führte zu romantischen Ereignissen, die auch die kühnste Phantasie eines Erzählers übersteigen. Arm und durch unverschuldete Schicksalsschläge gebrochen nach England zurückgekehrt, starb er am 22. April 1833. Seine Fachgenossen mußten Geld sammeln, um den genialen Erfinder begraben zu können.

Arthur Woolf wurde in Cornwall geboren. Er war längere Zeit in London als Maschinenmeister tätig, machte hier seine epochemachenden Erfindungen, ging dann 1813 nach Cornwall wieder zurück und war von da an bis zu seinem Tode als Zivilingenieur für einzelne Gruben tätig. Berühmt war er durch die genaue und saubere Ausführung, die er allen seinen Konstruktionen zuteil werden ließ. Man sagte wohl von seinen Maschinen, sie wären Zierstücke für eine Ausstellung, aber zu schade für Grubenarbeit. Sein Charakter soll schroff und unverträglich gewesen sein und das Zusammenarbeiten mit den Grubenbesitzern sehr erschwert haben. 1832 zog er sich von den Geschäften ganz zurück; die Grube, für die er seiner Zeit die größte Maschine der Welt (2228 mm Zylinderdurchmesser und 3 m Hub) erbaut hatte, zahlte ihm eine Pension.

Andere Cornwall-Ingenieure haben dann weitergearbeitet und die ein halbes Jahrhundert lang berühmte und überall nachgeahmte Cornwallmaschine geschaffen. Einer der bekanntesten in den 30er Jahren war der Ingenieur Samuel Grose in Gwinear bei Camborne.

Maschinenfabriken gab es auch in den 40er Jahren noch sehr wenig in Cornwall. 1840 galt als die größte die Copperhouse Foundry bei St. Ives; hier sind viele der großen Wasserhaltungsmaschinen gebaut worden. Was ihre Werkstatteinrichtung anbelangt, so konnte sie sich auch bei weitem nicht mit der Einrichtung der Dampfmaschinenfabriken zu London, Bristol und anderen Städten messen.¹⁾

In London begannen in den letzten Jahren des 18. Jahrhunderts zwei der größten Dampfmaschinenbauer Englands ihre Tätigkeit. Es waren Maudslay und Penn, zwei Namen, von denen eine Dampfmaschinengeschichte viel zu berichten hat.

¹⁾ s. Tagebuch eines Reisenden durch Großbritannien und Belgien, Berlin 1842.

Henry Maudslay, am 22. August 1771 zu Woolwich geboren, fand schon als 12jähriger Knabe in der Artilleriewerkstatt zu Woolwich, wo sein Vater beschäftigt war, Arbeit. Er mußte Patronen füllen. Mit 14 Jahren kam er dann in die Lehre seines Vaters. Hier lernte er Werkzeuge für Holz- und Metallarbeiten gebrauchen. Eine besondere Vorliebe für alle Eisenarbeiten war ihm eigen. So gelang es ihm schon ein Jahr später, in die Schmiede zu kommen, und hier war er auf dem richtigen Platz. Er wurde ein außergewöhnlich geschickter Schmied und hatte Freude und Befriedigung an der großen Handgeschicklichkeit, mit der er dem Eisen die Form gab. In kleinen Eisenarbeiten erwarb er besonderes Geschick, und so ging er dann bald nach London zu Bramah, dessen Schloßfabrik damals schon berühmt war.

1797 begann er sich selbständig zu machen und gründete eine ganz kleine Werkstatt in der Oxford Street zu London. Eine Anzahl wichtiger Verbesserungen an Werkzeugmaschinen, unter denen die Erfindung und Verbesserung des Supports an der Drehbank für den ganzen Maschinenbau die größte Bedeutung erlangte, entstanden hier.

1810 verlegte er seine Fabrik an ihre jetzige Stelle nach Lambeth, und hier wurde die in der Geschichte des Dampfmaschinenbaues und besonders des Schiffsmaschinenbaues so berühmte Firma „Maudslay and Field“ gegründet. Unermüdlige Schaffenskraft und ein ungemein praktischer Blick hatten Maudslay ausgezeichnet und groß werden lassen. Er starb am 14. Februar 1831 an den Folgen einer Erkältung. Seine Nachfolger verstanden es, seine Gründung in seinem Sinne weiter zu entwickeln und weiter zu vervollkommen.

Nicht minder bedeutsam wurde für die Entwicklung des Dampfmaschinenbaues in England die Maschinenfabrik von John Penn.

John Penns Vater hatte bereits 1799 in einer kleinen Fabrik in Greenwich ganz in der Nähe von dem Ort, wo seine Enkel jetzt arbeiten, begonnen, Windmühlen und Wasserräder und die Arbeitsmaschinen, die sie antreiben sollten, zu erbauen. Frühzeitig begann er auch schon, sich an Dampfmaschinen zu versuchen.

In solcher Umgebung wuchs sein 1805 in Greenwich geborener Sohn John Penn auf. Er lernte frühzeitig an der Drehbank, am Schraubstock und am Amboß sich betätigen, und früh erwarb er sich den Ruf eines sehr geschickten Maschinenbauers.

Als er 20 Jahre alt war, wagte er es — im Jahre 1825 — in der kleinen Fabrik die erste größere Schiffsmaschine zu bauen. Aber erst von 1830 an begann er sich mit der ganzen Energie, dem Schiffsmaschinenbau zuzuwenden. Auf diesem Gebiete errang er seine größten Erfolge. Auch er galt als unermüdlischer Arbeiter. Er war zugleich ein kühner Unternehmer, den dennoch nie die kühle Überlegung verließ. Immer bereit zu lernen und neues in sich aufzunehmen, besuchte er nicht nur die hervorragendsten Fabriken Englands, sondern suchte auch im Auslande das



John Penn

geb. 1805, gest. 23. Sept. 1878



Henry Maudslay

geb. 22. Aug. 1771, gest. 14. Febr. 1831

Sehenswerte kennen zu lernen. Hervorragende Leistungen, die er bei Arbeitern oder Ingenieuren fand, bereiteten ihm persönlich eine ausgesprochene, große Freude. So wuchs unter seiner Leitung eine der größten und berühmtesten Dampfmaschinenfabriken Englands empor.

1872 nahm Penn seine beiden ältesten Söhne in die Fabrik auf, die den Namen John Penn & Söhne, den sie heute noch trägt, erhielt.

1875 zog sich Penn von Geschäften zurück. Am Ende seines Lebens traf ihn noch ein hartes Geschick. Er erblindete und wurde gelähmt. Doch hat auch das nicht vermocht, die Tatkraft seines Geistes zu brechen, und noch bis zuletzt unternahm er auf seiner Yacht „Pandora“ weite Fahrten. Er starb am 23. September 1878 in einem Alter von 73 Jahren, von denen er 60 in harter Arbeit nicht nur für sich, sondern auch zum Nutzen seines Landes verbracht hat.¹⁾

Viele andere hervorragende Dampfmaschinenfabrikanten und Ingenieure in England legten die Grundlage ihrer späteren Berufstätigkeit in den berühmten Werkstätten von Penn und Maudslay. Unter ihnen sei nur genannt James Nasmyth, der Erfinder des Dampfhammers, der bei Maudslay eine ihm unvergeßliche Lehrzeit durchgemacht hat, und William Fairbairn, dem es wenigstens einige Jahre gelang, bei Penn Erfahrungen zu sammeln.

James Nasmyth, am 19. August 1808 in Edinburgh geboren, erhielt eine gute Erziehung. Als junger Ingenieur erlebte er die große Zeit, in der die Lokomotive entstand, und erbaute sogar 1827 und 1828 selbst einen kleinen Dampfswagen, bei dem er bereits ein Blasrohr verwandte. Sein Ehrgeiz, bei Maudslay Stellung zu finden, wurde befriedigt; eine kleine von ihm erbaute Dampfmaschine und vortrefflich ausgeführte Zeichnungen konnte er vorzeigen; so machte ihn Maudslay zu seinem Assistenten, der den Vorzug hatte, unmittelbar mit dem Meister zusammen zu arbeiten. Besonders berühmt in der Technik hat der Dampfhammer den Namen Nasmyth gemacht, mit dem z. B. die großen Schiffsanker um die Hälfte billiger hergestellt werden konnten. Die von ihm 1845 zuerst erbauten Dampfrahmen verringerten bei einem großen Bau, wo sie angewendet wurden, die Zeit, die notwendig war, um einen Pfahl einzurammen, von 12 Stunden auf 4 Minuten. Nasmyth verdient mit Recht seinen Platz unter „the world's great Labor savers“.²⁾

Auch im Werkzeugmaschinenbau, wo er die kleinen Schnellhobelmaschinen einführte, und im Bau der ortsfesten Dampfmaschinen, denen er schon 1846 die Form seines Hammers gab — also die erste „Hammermaschine“ erbaute —, ist der Name Nasmyth wohlbekannt.

¹⁾ Biographische Angaben über J. Penn und Maudslay siehe Engineer 1899, Bd. 1, Thames Pioneer shipbuilders and marine engineers. Auch den Bildnissen dienen die in dem genannten Aufsatz enthaltenen Bilder von Penn und Maudslay zur Unterlage.

²⁾ s. Smiles Industrial biography, London 1863.

1856 zog er sich vom Geschäft zurück und widmete sich ausschließlich der Malerei und vor allem der Astronomie, deren Erkenntnisgebiet er mit Hilfe zweier großer von ihm erbauter Fernrohre durch Entdeckungen auf der Oberfläche der Sonne erweiterte. Er starb 1890.

William Fairbairn, am 19. Februar 1787 zu Kelso als Sohn eines Landwirtes geboren, mußte sich schon mit 14 Jahren sein Geld verdienen. Zuerst war er Maschinenmeister auf einer Kohlengrube bei Newcastle, wo er auch George Stephenson kennen lernte. 1811 finden wir ihn in London zuerst bei Rennie, dem berühmten Mühlenbauer, dann bei Penn. 1814 war er in Manchester, wo er sich 1816 selbständig machte und für die dortigen Spinnereien bald genügend Arbeit fand. Aber auch dem Schiffbau wandte er sich frühzeitig zu. Er baute schon 1831 sein erstes eisernes Schiff. Den größten Wert legte er auf Versuche. Seine Arbeiten über die Festigkeitsverhältnisse des Eisens waren lange Zeit grundlegend. So galt er auch als die erste Autorität im Eisenkonstruktionsfach.¹⁾

Von wenigen großen Männern ausgehend, verzweigten sich die industriellen Stammbäume immer weiter. Bedeutsame Dampfmaschinenfabriken entstanden an allen Hauptindustriepätzen Englands, besonders, seitdem durch Dampfschiff und Eisenbahn der Verkehr eine so unermeßliche Steigerung und damit die Produktion auf jedem Gebiete einen ungeheuren Ansporn erhalten hatte.

In Newcastle gründete 1823 George Stephenson²⁾ die erste Lokomotivfabrik der Welt, aus der unter seiner und seines Sohnes Robert Leitung die ersten Lokomotiven fast aller Staaten hervorgingen.

In Glasgow hatte sich 1810 John Robertson selbständig gemacht, der schon 1807 seine erste Maschine erbaut hatte. Besonders berühmt wurde die Fabrik von Robert Napier in Glasgow. Sein Onkel John Napier hatte am Anfang des 19. Jahrhunderts seine eigene Gießerei in Dumbarton und baute seit 1811 in Glasgow vorwiegend Dampfkessel. Er starb 1813.

Sein Sohn David Napier war noch zu jung, um die Fabrik zu leiten; es wurde ihm ein Geschäftsteilhaber an die Seite gesetzt, der sich dann 1817 von ihm trennte und selbst anfang, Dampfmaschinen zu bauen. David Napier hat bis 1833 in Glasgow für nicht weniger als 45 Dampfschiffe die

¹⁾ s. Smiles Industrial biography, London 1863.

²⁾ George Stephenson wurde am 8. Juni 1781 in Wylam bei Newcastle als Sohn eines armen Kohlenarbeiters geboren. Frühzeitig mußte er sich als Hirtenjunge, dann als Maschinenwärter sein Brot verdienen. Über seine Lebensarbeit, die Einführung der Lokomotive, ist an anderer Stelle ausführlich berichtet. 1840 zog sich Stephenson von den Geschäften zurück und widmete seinen Lebensabend dem Gartenbau und der Landwirtschaft. Am 12. August 1848 starb er auf seinem Landsitze zu Tapton-House bei Chesterfield. England hat ihm als Begründer des Eisenbahnwesens ein Denkmal in der Westminster-Abtei gesetzt.

Maschinen und Einrichtungen geliefert. Dann verzog er nach London und gründete dort eine neue Maschinenfabrik.¹⁾

Robert Napiers Maschinenfabrik war frühzeitig sehr leistungsfähig. Schon 1840 war es hier möglich, die Dampfmaschinen für 4 Ozeandampfer mit zusammen 1600 PS in verhältnismäßig kurzer Zeit fertig zu stellen.

1808 wurde in Greenock die Firma Anderson Campbell & Co. gegründet, aus der dann 1826 die im Schiffsmaschinenbau ganz besonders berühmte Firma Caird & Co. hervorging. Zwei Brüder John und James Caird waren die Leiter. John Caird stand schon seit 1817 der technischen Seite der Firma vor. Als beide kurz nacheinander 1838 und 1839 gestorben waren, trat für einige Jahre bis 1842 Scott Russel an die Spitze des Unternehmens. Der eigentliche Werkführer war Robert Muir. Sehr viele hervorragende Dampfmaschinen sind aus den Werkstätten dieser Firma hervorgegangen und haben den Namen Caird in alle Weltteile getragen.

Severin in seinen Beiträgen zur Kenntnis der Dampfmaschinen, Berlin 1826, führt als die damals für Betriebsdampfmaschinen bedeutendsten Fabriken an: Watt zu Soho, Fenton Murray in Leeds, Hall in Dartford, Maudslay in London und Thwaites, Hick & Rothwell in Boston; bei dieser Firma kostete 1826 eine zweipferdige Dampfmaschine 1200, eine von 30 PS 8000 Taler. Murray verlangte für eine Maschine von 2 PS 1750, für eine von 10 PS 3820 Taler.

Über die bedeutendsten Dampfmaschinenfabriken um 1840 in England gibt uns das „Tagebuch eines Reisenden“, das im Auszug in Berlin 1842 erschienen ist, einige bemerkenswerte Auskunft. Danach gehörten zu den größten und besteingerichtetsten Lokomotivfabriken Englands damals die Atlaswerke zu Manchester, die noch bei weitem die Fabriken Stephenson's übertrafen. Sie gehörten zu der Firma Sharp Roberts & Co., in deren älteren Fabriken namentlich Spinnmaschinen gebaut wurden. Dem Besucher der neuen Fabrik fiel besonders die Montagehalle auf, in der 8 große Kräne zum Zusammensetzen der Lokomotiven, „was immer dutzendweise geschieht“, verwendet wurden. 25 große Hobelbänke, davon eine über 35 Fuß lang, standen in den Werkstätten. Jährlich wurden 50 bis 60 Lokomotiven gebaut, von denen jede ausschließlich Tender durchschnittlich 2000 £ kostete.

Ebenfalls sehr berühmt und auch vorzüglich eingerichtet waren die Lokomotivfabriken von R. & W. Hawthorn.

Auch Bristol zeichnete sich schon 1840 durch große Maschinenfabriken aus; in erster Linie gehörten hierzu die Fabriken von Acramans Morgan & Co., die 1840 zu den großartigsten ganz Englands gerechnet wurden. Ihre Werkstätten waren vorzüglich mit Werkzeugmaschinen aller Art ausgerüstet.

¹⁾ s. Allgemeine Bauzeitung, Wien 1866, S. 124. Hamel, Rückblick auf die Einführung der Dampfschiffahrt in Europa, dem auch die Angaben über Robert Napier und Caird entnommen sind.

Dem Besucher fiel besonders die große Zylinderbohrmaschine ins Auge, „auf der die Zylinder stets stehend ausgebohrt wurden“.

Ebenfalls große Bedeutung hatte damals in Bristol auch die Maschinenfabrik der Great Western Steam Ship Co., von der mit die ersten großen Schraubendampfer gebaut wurden.

An Fabriken besonders reich war auch Leeds, das, wie der Reisebericht schon 1840 hervorhebt, an Schmutz und Kohlendampf vielleicht von keiner Fabrikstadt der Erde übertroffen wurde. Zu den wichtigsten Maschinenfabriken gehörten 1840 die von Fenton, Murray und Jackson; Dampfmaschinen, Lokomotiven und Spinnmaschinen wurden hier erbaut.

Die Industrie Englands machte stetig weitere Fortschritte, und damit stieg auch der Bedarf an Dampfmaschinen, nicht nur im eigenen Lande, sondern vor allem auch im Auslande. Zu Watts Zeiten und auch in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts hatte man allerdings versucht, durch strenge Ausfuhrverbote die Vorteile der Maschine als Monopol dem eigenen Lande zu erhalten. So hoch aber auch die Strafen auf die Ausbreitung englischer Maschinen im Auslande waren: sie ließ sich nicht verhindern, denn die Dampfmaschine war zu gewaltig, um im Besitze eines einzigen Volkes zu bleiben. Schließlich hob man auch diesen Zwang auf, und jahrzehntelang war das Ausland, und ist es in vielen Beziehungen noch heute, der beste Kunde Englands.

Im Laufe der Entwicklung verstanden es immer mehr Länder, im Dampfmaschinenbau sich selbständig zu machen; bald traten sie auch auf dem Weltmarkte in scharfen Wettbewerb mit den früheren Lehrmeistern und großen Vorgängern, und nicht immer fiel dann dieser Wettbewerb zugunsten Englands aus; es gelang den neuen Ideen und den billigeren Produktionsverhältnissen und einer kühnen Energie, große Gebiete dem englischen Dampfmaschinenbau zu entreißen. Aber immer bleibt auch für die großen Dampfmaschinenfabriken Englands noch genügend übrig, ihre zu riesigen Ausdehnungen angewachsenen Werke zu beschäftigen.

Wie auch heute noch der englische Dampfmaschinenbau fähig ist, durch geniale Ausführung neuer Ideen eine neue Stufe in der Entwicklung der Dampfmaschine zu erreichen, zeigt die Dampfturbine von C. A. Parsons, die in Newcastle, in dem Orte, wo die erste Lokomotivfabrik der Welt gestanden hat, in den letzten Jahrzehnten entstanden und von hier aus über Erwarten schnell in die verschiedensten Verwendungsgebiete eingedrungen ist.

Es ist unmöglich im Rahmen der vorliegenden Arbeit, die jedenfalls sehr interessante Geschichte der großen englischen Dampfmaschinenfabriken weiter zu verfolgen. Auch würde hierzu der Stoff nicht reichen, denn nur zerstreut in allen möglichen Zeitschriften finden sich bisher dürftige Angaben über die Geschichte dieses bedeutungsreichen Industriezweiges, der als Grundlage für die anderen Industrien anzusehen ist. Nur einige Zahlen mögen das Bild noch etwas vervollständigen.

Die Leistung der größten Schiffsmaschinenfabriken Englands mit ihrer Produktion von Schiffsmaschinen, ausgedrückt in indizierten Pferdestärken, sind in der folgenden Zahlentafel aufgeführt.¹⁾

Name der Fabrik	1900	1899	1898
North Eastern Marine Engineering Comp. Wallsend & Sunderland	81 910	77 375	55 195
J. Brown & Co., Clyde	70 300	53 480	72 300
Wallsend Slipway & Engineering Comp., Tyne	51 750	67 600	68 110
Blair & Co., Stockton	48 650	52 700	46 200
Central Marine Engineering Works, Hartlepool	46 600	44 650	47 300
J. Dickinson & Sons, Sunderland	41 622	29 004	37 934
C. Furness, Westgarths & Co., Middlesbrough	40 000	26 850	29 672
Fairfield Comp., Clyde	37 180	51 650	74 300
Armstrong, Withworth & Co., Tyne	48 360	70 030	29 242
Swan & Hunter, Newcastle on Tyne	23 075	23 100	48 570

Diese 10 britischen Schiffsmaschinenfabriken haben also in den 3 Jahren 1898, 1899 und 1900 Schiffsmaschinen mit einer Gesamtleistung von nicht weniger als rund 1,5 Mill. PS ausgeführt.

Leider versagen für England fast ganz die statistischen Angaben, aus denen man sich ein Bild von der Verwendung der Dampfkraft machen könnte. Die Zahlen, die sich hierüber in der Literatur verstreut finden, sind, wie schon früher bemerkt, fast immer unzuverlässig, da sie meist nur auf roher Schätzung beruhen, und hiervon macht auch das statistische Nachschlagewerk von M. G. Mulhall, London 1899, keine Ausnahme. Nach Mulhall sollen in England 1775 20 Dampfmaschinen mit etwa 300 PS im Betrieb gewesen sein. Das kann nur richtig sein, wenn die Wasserhaltungsmaschinen nicht mit eingerechnet sind. 1826 soll England 1500 Dampfmaschinen, „mit denen man soviel Arbeit habe leisten können, als sonst mit 180000 Pferden oder mit 1 Mill. Menschen“ sein eigen genannt haben. Frankreich soll zur gleichen Zeit 300 Dampfmaschinen, also nur den fünften Teil von Englands Maschinen, besessen haben, was dem wirtschaftlichen Verhältniss der beiden Länder damals wohl auch sehr nahe gekommen sein wird. Berücksichtigt man, daß zur gleichen Zeit Deutschland wohl kaum 100 Maschinen hatte, so kann man den riesigen Vorsprung Englands hieraus ermessen. Nach Mulhall sollen in der Textilindustrie Englands 1835 an 41000 Dampfmaschinenpferdestärken tätig gewesen sein, eine Zahl, die sich bis 1870 auf 478000 gesteigert hat.

1836 sollen in Großbritannien und Irland 134000 Fabriken fast ausschließlich durch Dampfkraft betrieben worden sein.

¹⁾ s. Schwarz u. Halle, Die Schiffsbauindustrie in Deutschland und im Auslande, Berlin 1902, Bd. II.

²⁾ s. London Journal of Arts, Bd. 3, S. 109.

Fairbairn schätzte 1860 die Leistung sämtlicher fester und beweglicher Dampfmaschinen in England auf über $3\frac{1}{2}$ Mill. PS. Engel nahm 1880 fast 7 Mill. an, und zwar rechnete er 2 Mill. PS auf ortsfeste Dampfmaschinen und Lokomobilen, 3,24 Mill. auf Lokomotiven und 1,746 Mill. auf Dampfschiffe, wogegen Mulhall für 1880 die Leistung der Schiffsmaschinen auf 2,4 Mill. angab. Nach ihm sollen 1888 die Dampfmaschinen Großbritanniens zusammen 9,2 Mill. PS betragen haben. Davon rechnete er je 3,5 Mill. auf Lokomotiven und Dampfschiffe und 2,2 Mill. auf die Betriebsmaschinen aller Arten.

Die Anfänge der englischen Dampfschiffahrt und der Eisenbahnen konnten bereits im vorhergehenden Abschnitt geschildert werden.

Die Entwicklung der britischen Kriegsflotte von 1860 bis 1897 veranschaulicht Fig. 21, bei der die Gesamtheit der indizierten Pferdestärken für die einzelnen Jahre aufgetragen ist. Die obere gestrichelte Linie zeigt die Maschinenleistungen einschließlich der im Bau begriffenen Schiffe.

In welcher Weise die britische Handelsflotte in dem gleichen Zeitraume gewachsen ist, läßt die Zahlentafel erkennen.¹⁾

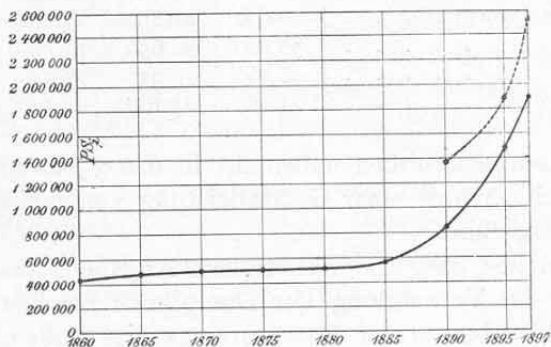


Fig. 21.

Entwicklung der britischen Kriegsflotte in PS_i.

Anzahl der Dampfschiffe	1860	1870	1880	1890	1897
Von 100 t und darüber	931	1727	3974	6403	7534
„ 100 PS _i und darüber	650	1040	2208	3707	4468
„ 400 „ „ „	86	107	235	444	626
„ 1000 „ „ „	2	1	5	36	53
20 Knoten Geschwindigkeit und darüber	—	—	—	8	22
19 bis 20 Knoten Geschwindigkeit	—	—	—	8	23
18 „ 19 „ „	—	—	6	14	39
17 „ 18 „ „	—	1	7	27	41
16 „ 17 „ „	—	1	8	27	47
15 „ 16 „ „	1	6	20	62	88

Wie heute sich Englands Handels- und Kriegsflotte und Englands Eisenbahnen zu denen der anderen Staaten verhalten, zeigten bereits die Fig. 15, 17 u. 20.

Nur kurz seien zu dieser Entwicklung hier noch einige Zahlen gegeben.

¹⁾ s. Z. d. V. d. Ing. 1897, S. 916.

In Großbritannien waren am 1. Jan. 1857 1668 Dampfer in den Schiffslisten eingetragen; davon waren:

820 hölzerne und 356 eiserne Raddampfer,

19 „ „ 473 „ Schraubendampfer.

In der englischen Marine gab es 1854 67 Raddampfer, 160 Schraubendampfer und 185 Kanonenboote. Neben diesen hölzernen Kriegsschiffen waren noch 15 eiserne Raddampfer und 10 eiserne Schraubendampfer vorhanden; ein eisernes Kriegsschiff war mit Rädern und Schraube ausgerüstet. Im ganzen bestand die englische Kriegsflotte 1857 aus 427 Dampfern, die 16000 Kanonen trugen und über eine Betriebskraft von 86000 PS verfügten.

Von 1845 bis 1855 verdoppelte sich die Zahl der englischen Handeldampfer, und der Tonnengehalt verdreifachte sich. Das erste eiserne Dampfschiff wurde 1822 erbaut.

1857 waren 21,71 v. H. der im Jahre gebauten Schiffe bereits Dampfer.

1843 waren es erst 7,05 v. H.

1858 wurden für Großbritannien 1670 Ozeandampfer gezählt, für Amerika 57.¹⁾

Am 1. Januar 1904 zählte die Handelsflotte Großbritanniens und Irlands 10149 Segelschiffe und 10088 Dampfer; der Zahl nach fast gleich übertraf jedoch die Tonnage der Dampfer die der Segelschiffe um etwa das 4,5fache: 8394069 Registertons netto zählten die Dampfer gegenüber 1950517 der Segelschiffe. Das ganze britische Reich besaß am 1. Januar 1904: 22144 Segelschiffe mit 2802053 Registertons und 14262 Dampfer mit 9029386 Registertons netto.

Nicht minder bedeutsam ist die Entwicklung der Eisenbahnen.

Mit der am 17. September 1830 eröffneten Bahn von Liverpool nach Manchester begannen die Eisenbahnen ihre Rolle zu spielen. Wo sie zuerst entstanden waren, breiteten sie sich auch anfangs am schnellsten aus. 1833 bewilligte das Parlament die Bahn von Liverpool und von London nach Birmingham, 1834 kam die Bahn von London nach Southampton, 1835 jene von London nach Bristol. 1836 begann die Baulust zu ungeahnter Höhe zu steigen. 25 Eisenbahngesuche wurden vom Parlament genehmigt. Dem Aufschwunge folgte die Krisis; ein ungeheurer Verlust in Eisenbahnpapieren blieb nicht aus.

1838 wurden vom Parlament nur zwei, 1839 nur eine, 1840 gar keine neue Eisenbahn genehmigt. Aber die ersten Bahnen zahlten trotz sehr hoher Anlagekosten 10 bis 15 v. H. Dividende; das belebte den Unternehmungsgeist schnell wieder.

1844 kamen an das Parlament 66, 1845 248 und 1846 schon 815 Konzessionsgesuche.

1845 wurden 2746 und 1846 4538 Meilen bewilligt, mehr als das Dreifache der 1844 betriebenen Eisenbahnen. Dem Eisenbahnfieber der Jahre

¹⁾ s. Abridgments of the Specif. Marine Propulsion, London 1858, S. 308, App. b.

1844 bis 1846 folgte wieder die Krise. Eine besonders starke Zunahme erfuhr das Eisenbahnnetz in den Jahren 1862 und 1863. Mit den 70er Jahren näherte es sich einem gewissen Beharrungszustand.

1890 besaßen Großbritannien und Irland 32297 km, Ende 1903 36148 km Eisenbahnen.¹⁾

3. Deutschland.

A. Allgemeines.

Die technische Befähigung der Deutschen. — Deutschlands ungünstige Lage. — Entwicklung im 18. Jahrhundert.

Wer sich so recht an der hohen wirtschaftlichen Bedeutung Deutschlands erfreuen will, die eine rastlos arbeitende Technik ihm heute erworben hat, pflegt sich gern ein Bild von jenen „unpraktischen“ Vorfahren zu machen, die sich damit begnügen mußten, „nur“ als Volk der Denker und Dichter im Auslande etwas zu gelten; und doch ist die Ansicht, der Deutsche habe früher technisch nur wenig geleistet, und die ganze neue Kunst, auf die er mit Recht so stolz ist, sei ihm erst gestern von England oder Amerika überkommen, grundfalsch.

Schon im 16. Jahrhundert wurde gerade die technische Begabung der Deutschen auch von anderen Völkern immer wieder anerkannt. So sagt ein venetianischer Gesandter 1525: „Die Deutschen sind nicht hohen Geistes, aber so andauernd und gründlich, daß sie es sowohl in der Handgeschicklichkeit wie in den Wissenschaften weit bringen,“ und 1563 schreibt ein anderer Gesandter nach Venedig: „In den mechanischen Künsten sind die Deutschen außerordentlich erfindsam.“ 1600 spottet ein Engländer über die Deutschen, sie verstünden sich nur auf Beschäftigungen und Erfindungen, bei denen die Handgeschicklichkeit die Hauptrolle spielt, nicht auf solche, bei denen es auf Schärfe des Verstandes ankomme. Auch noch 1775 schreibt ein Franzose: „Deutschland ist das Land der Maschinen. Im allgemeinen erleichtern die Deutschen die Handarbeit bedeutend durch Maschinen aller Art.“²⁾ Die ausübende Technik, der Maschinenbau, die Gewerbetätigkeit waren schon vor vielen Jahrhunderten ein großes, erfolgreiches Arbeitsgebiet der Deutschen. Die Wirkungen zeigten sich nicht am wenigsten im Handelsverkehr.

1551 konnten z. B. die Hanseaten 44000 wollene Tücher ausführen, während in dem gleichen Jahre englische Kaufleute nur 1100 auszuführen

¹⁾ s. Röll, *Encycl. d. Eisenbahnwesens*, Bd. 4.

²⁾ s. Ehrenberg, *Technische und wirtschaftliche Arbeit*, Z. d. V. d. Ing. 1898, S. 1421.

hatten. Der Bergbau, in dem die Deutschen Meister waren, hatte in der zweiten Hälfte des 15. und in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts Deutschland geradezu reich gemacht. In Thüringen, in Sachsen und im Harzgebiete waren diese auch technisch schon überaus interessanten Betriebe besonders zu Hause. Gerade im Bergbau wurden Deutsche die Lehrmeister anderer Völker.

Aber diese auf der Arbeitsfähigkeit, Schaffensfreudigkeit und dem technischen Können des ganzen Volkes begründeten Entwicklungsmöglichkeiten zerstörte nur zu früh religiöser und politischer Fanatismus. Ein Land, das dreißig Jahre lang der wilden Soldateska europäischer Heere als Tummelplatz dienen mußte, konnte nicht mehr daran denken, sein wirtschaftliches Leben in dem gleichen Maße wie seine glücklicheren Nachbarn auszugestalten. Was der grausige Krieg und seine Nachwehen noch von dem selbständigen frohen Unternehmungssinn des Volkes, ohne den Industrie und Gewerbe-tätigkeit sich nun einmal nicht entwickeln kann, übrig gelassen hatte, das verstand meisterlich nach und nach die Staatskunst deutscher Machthaber zu erdrücken. Sie wandelte die Landeskinder zu Untertanen um und schrieb auf ihre Fahne das Wort vom unbedingten Gehorsam. Im 18. Jahrhundert lernte es der Deutsche, nicht müde zu werden im Gehorchen. Es gab nur noch zwei Menschenklassen; die einen hatten zu befehlen, die anderen zu gehorchen, und wie sehr das Befehlen gehandhabt wurde, wie weit sich die Fürsorge der Regierenden um die Untertanen kümmerte, davon gibt die fürstlich badische Kammerordnung von 1766 ein höchst interessantes Beispiel. Da heißt es:

„Unsere fürstliche Hofkammer ist die natürliche Vormünderin Unserer Untertanen. Ihr liegt ob, dieselben von Irrtümern ab und auf die rechte Bahn zu führen, sofort auch gegen ihren Willen sie zu belehren, wie sie ihre eigenen Haushaltungen einrichten, ihrem Feldbau vorstehen und durch mehr wirtschaftlich treibende Haushaltung zu Ertragung der schuldigen Landesabgaben die Mitteln sich erleichtern möchten. . . .“¹⁾

Die Untertanen gewöhnten sich an die polizeiliche Bevormundung. Ein Schriftsteller dieser Zeit spricht es aus: „Schwerlich wird ein Genie aufstehen, dessen Befehle unseren Gehorsam ermüden könnten.“

Systematisch wurde das Volk zu einer entsagenden Unselbständigkeit erzogen, und die Frucht dieser Volkserziehung zeigte sich, als es galt, im Wettbewerb mit fortgeschritteneren Staaten Industrie und Technik zu schaffen. Aber der kurzsichtigen, nur auf die nächsten Vorteile der unzähligen kleinen Gewalten berechneten Politik gelang es nicht nur, die freien deutschen Bürger zu ruhebedürftigen, gehorsamen Untertanen umzuschaffen, sie verstand es auch, den gesamten Handel und Verkehr durch Zölle, Wegegelder, Privilegien und eine Unzahl Steuern zu beschränken und teilweise ganz zu erdrücken. Ausländer nannten das schon damals „eine wunderbare deutsche Torheit“.

¹⁾ s. Biedermann, Deutschland im 18. Jahrhundert. Leipzig 1854.

Auf diesem Boden sollte eine Industrie erwachsen, die mit der eines zu politischer Einheit und freiheitlicher Selbstbestimmung fortgeschrittenen England den Wettbewerb aufnehmen sollte!

Vom Zerfall der Hansa 1630 bis zur Bildung des Zollvereins 1834 kann man kaum von deutschem Handel und deutscher Industrie reden. Nur innerhalb der größeren Staaten dieses zerrissenen deutschen Landes begannen sich allmählich Industrie und Gewerbe wieder etwas zu heben, vor allem auch durch die treibende Kraft der stetig wachsenden Bedürfnisse der Machthaber begünstigt. Große Heere zu halten, Kriege zu führen und mit der Hofhaltung dem Beispiel der Könige des reichen Frankreichs nachzueifern, das kostete Geld. Die Untertanen für diese „schuldigen Landesabgaben“ leistungsfähiger zu machen, schienen Industrie und Gewerbe vorzugsweise geeignet; sie sollten gefördert werden. Man schien zu glauben, daß sich durch Befehle auch Manufakturen aus dem Boden stampfen ließen. Bittere Enttäuschungen blieben denen, die das für möglich gehalten hatten, nicht erspart.

Da muß der hannöversche Kommerzrat Patje¹⁾ noch 1796 bekennen: „Wenige wagen gern etwas; wenn auch ein erster Versuch gemacht ist und dieser mißlingt, wie dieses so leicht möglich ist, eben weil es der erste ist, so unternimmt nicht leicht jemand den zweyten ähnlichen Versuch. . . . Man hat deswegen vor allen Neuerungen eine gewisse Abneigung; es ist etwas sehr gewöhnliches, einen Mann, der eine neue Idee äußert, für einen Projektenmacher oder gar für einen Windbeutel zu halten. . . . Man erspart lieber von der Ausgabe, als daß man die Einnahme zu vergrößern trachtet; man lebet mehr im negativen Wohlseyn als in positiven Ergötzlichkeiten; man hat weniger nötig, man ist also weniger gedrängt zu erwerben.“

So klagt ein Kenner der Verhältnisse am Ende des 18. Jahrhunderts über die Bewohner eines Landes, dessen Gebildete sich zur Zeit eines Leibniz schon vielfach mit wissenschaftlichen Beobachtungen und technischen Erfindungen zu beschäftigen suchten. Schon damals begann der Wunsch nach Taten, die führenden Geister aus dem Irrgarten der scholastischen Spitzfindigkeiten herauszuführen. Leibniz selbst dünkete damals eine Erfindung, durch welche die Herrschaft des Menschen über die Natur vermehrt werde, so wichtig wie die günstigsten Spekulationen, die bloß Ideen zu Tage fördern.²⁾

Man sieht, daß es für die wirtschaftliche Stellung eines Volkes eben nicht genügt, wenn einige der Männer, die an der Spitze marschieren, Verständnis und Interesse an der technischen Entwicklung nehmen, sondern daß eine Blüte der Industrie und des Gewerbes nur durch das Mitarbeiten eines ganzen Volkes möglich wird.

¹⁾ s. Patje, Kurzer Abriß der Fabriken, Gewerbe- und Handlungszustände. Göttingen 1796.

²⁾ s. Biedermann, Deutschland im 18. Jahrhundert. Leipzig 1857.

Es ist ein großer Unterschied, ob sich einige wenige Dilettanten mit technischen oder naturwissenschaftlichen Problemen befassen, wie es am Ende des 17. Jahrhunderts schon vielfach der Fall war, oder ob eine naturwissenschaftlich-technische Bildung weitere Schichten des Volkes erfaßt hat und es befähigt, Industrie und Gewerbe zu entwickeln. Bitter wurde am Ende des 18. Jahrhunderts das Fehlen aller dieser Kenntnisse empfunden. Da wurde geklagt, wie schwierig es sei, irgendwie geeignete Männer zu finden, im Maschinenbau, in der Mechanik, in der Chemie genügend bewandert, um Fabriken einrichten oder leiten zu können. „Wer in diesem Fache eines Künstlers bedarf — klagt Patje —, wird bald erfahren, wie selten ein solcher Vogel im Walde ist“ und sehr richtig macht er darauf aufmerksam: „Einzelne Gelehrte bewirken noch nicht eine große Summe circulirender, einem Unternehmer leicht zur Hand seyender, in mechanischen und chemischen Arbeiten erfahrener Gehülfen. Der Umlauf dergleichen Kenntnisse ist im Hannöverischen so dürftig, daß man Mühe hat, gewöhnliche Maschinen in Gang zu bringen, noch seltener jemanden findet, der angegebene Ideen auszuführen im Stande sey. Dies letztere ist ein fatales Hinderniß in einem Lande, wo viel neues zu schaffen übrig geblieben ist.“¹⁾

Hier mußte lange ununterbrochene Arbeit erst die Hindernisse beseitigen, und weitsichtige Beamte, kühne Unternehmer mußten durch den Erfolg ihrer Maßnahmen das Volk erst langsam wieder zur Schaffensfreude und Unternehmungslust erziehen. Mit welchem Erfolg dies im einzelnen geschah, wird im folgenden näher auszuführen sein.

B. Die ersten Dampfmaschinen in Deutschland und die Entwicklung des Dampfmaschinenbaues bis zur Eröffnung der ersten Eisenbahn und Gründung des deutschen Zollvereines 1834.

Friedrich II. als Förderer der Industrie. — Die ersten Dampfmaschinen in Deutschland. — Die Dampfmaschine zu Hettstedt 1785. — Bückling und Richard. — von Heinitz und von Reden. — Die ersten Feuermaschinen Oberschlesiens. — Holtzhausen und seine Arbeiten. — Die ersten Dampfmaschinen Westfalens. — Franz Dinnendahl und seine Arbeiten. — Die Anfänge der Gutehoffnungshütte. — Brendel als Maschinenmeister Sachsens. — Die ersten Betriebsdampfmaschinen. — Die Anfänge des Berliner Dampfmaschinenbaues. — Anfänge des Dampfmaschinenbaues im Westen. — Beuths Wirksamkeit an der Spitze des preußischen Gewerbewesens. — Die Egellsche Maschinenfabrik. — Die ersten Dampfmaschinen in den Königreichen Hannover und Bayern. — Das erste Auftreten von Dampfschiff und Lokomotive in Deutschland. — Der erste Dampfer auf dem Rhein. — Eindruck auf die Bewohner. — Die ersten Dampfer der Elbe und Spree. — Die erste Lokomotive des Kontinents, in Berlin erbaut.

Den ersten großen Erfolg mit der Aufgabe, Industrie und Gewerbe zu fördern, hatte der größte und in sich geschlossenste Staat Preußen. Er verdankte es vor allem der Tatkraft und dem weitsichtigen Blick seines

¹⁾ Treffend schildert auch Lichtenberg (1772—1775) in seinen Aphorismen die damalige Lage eines Maschinenbauers in Deutschland: „Wenn der Deutsche eine Maschine erfindet, wer giebt ihm was dafür? Es ist schon sehr viel, wenn ein gnädiger Cammerdiener das Model unterthänigst vorzuzeigen verspricht, von dessen Kindern es hernach mit der heiligen Christ Waare ein Schicksal hat.“

Königs Friedrich II., der weit über die Grenzen seines persönlichen Interesses hinaus zu sehen vermochte, der das große Wort, „ich bin der erste Diener des Staates“, nicht nur gesprochen, sondern auch danach gehandelt hat.

Friedrich der Große suchte mit allen nur denkbaren Mitteln die Industrie seines Landes zu entwickeln. Für die damalige Zeit riesige Geldmittel wurden für diese Zwecke flüssig gemacht, Privilegien und Monopole wurden erteilt, Maschinen, Fabrikeinrichtungen, Grund und Boden umsonst hergegeben. Langjährige Befreiung von allen öffentlichen Abgaben, Zollfreiheit, freie Miete für die Fabrikräume und zinsfreie, oft sehr bedeutende Vorschüsse, „deren wirklich erfolgte Rückerstattung erfahrungsmäßig nicht zu glauben ist,“ waren die Mittel, das Fabrikwesen zu entwickeln. Und doch ließ sich mit alledem auch in Preußen nicht der Unternehmungsgeist der einzelnen Bürger von heute auf morgen schaffen. Mehr als 60 Zweige der Fabrikation und des Manufakturwesens lassen sich aufzählen, welche der König mit den genannten Mitteln zu heben versuchte. Diese Bereitwilligkeit des Fürsten, jede Art gewerblicher Betriebe zu unterstützen, wurde natürlich nicht selten ausgenützt. Der König selbst gestand: „Überhaupt kann ich Euch nicht borgen, wie ich nur allzuerst und dazu noch auf eine recht grobe Weise von den Fabrikanten betrogen worden bin und ich mich würde schämen müssen, wenn ich mich fernerhin von ihnen hinter das Licht führen lassen wollte.“¹⁾

Aber auch diese trüben Erfahrungen vermochten den König nicht von den einmal als richtig erkannten Wegen abzubringen. Von 1763 bis 1783 hat er nicht weniger als 40 Millionen Taler für diese Zwecke als außerordentliches Geschenk durch die Staatskasse bezahlen lassen. In den beiden Jahren 1782 und 1783 wurden allein für Beförderung des Gewerbfließes in Preußen 170 000 Taler verwendet. Gewiß eine für damalige Zeit hohe Summe, besonders wenn man berücksichtigt, daß vorher und auch damals noch in vielen anderen Staaten für solche Zwecke überhaupt kein Geld vorhanden war. Und doch mußte Friedrich II. immer wieder darüber klagen, daß seinen Untertanen der rechte Unternehmungsgeist fehlte. „Ich muß Manufakturen anlegen, das sollten dagegen die Bürger tun.“ Hatte er mit den bewilligten Geldern nicht immer die beste Erfahrung gemacht, so führten auch nicht immer die Monopole, von denen nach dem Tode Friedrichs 400 sich in die „Herrschaft über das Königreich“ geteilt haben sollen, zu dem gewünschten Ergebnis.

Der für die Entstehung einer Industrie so außerordentlich vorteilhafte freie Wettbewerb wurde dadurch oft gar zu sehr unterbunden. „Der Monopolist“, erwiderte noch 1786 Friedrich II. auf ein von der Breslauer Kaufmannschaft ausgehendes Privileggesuch, „wendet keinen rechten Fleiß

¹⁾ Monatsschrift für deutsche Beamte 1884: Zu Friedrich des Großen Wirtschaftspolitik.

und Betriebsamkeit auf die Sache, weil er niemand neben sich hat, der ihm nacheifert. Daraus kommt dann, daß er seine Arbeit negligiret und schlechte Waren macht. Hat er aber einen neben sich, so obligiret ihm das, mehr Fleiß anzuwenden und bessere Arbeit zu machen, jenen nicht vorkommen zu lassen.“¹⁾

So erkannte Friedrich den Wert des freien Wettbewerbes und suchte durch die in jeder Form von ihm unterstützte Industrie die Bürger seines Landes hierfür zu erziehen. Auch eine Zeit, die nicht mehr allein die großen Feldherren, die großen Kriegshelden des Ruhmes für würdig hält, wird Friedrich II. den Großen nennen können, weil er mit bewundernswertem Scharfsinn und Ausdauer der größte Unternehmer seines Landes gewesen ist, weil er mit der neugeschaffenen Gewerbe- und Industrietätigkeit ein Meisterwerk von bleibendem Wert hinterlassen hat.

Ein Mann, der wie er die Industrie pflegte und darauf bedacht war, sie zu fördern, mußte auch frühzeitig die weittragende Bedeutung der Dampfmaschine erkennen. Und in der Tat hat Friedrich II. und seine Regierung auch das Verdienst, mit weitschauendem Blick die Dampfmaschine in Deutschland eingeführt zu haben.

Allerdings hat es auch vor ihm in den Grenzen unseres heutigen Deutschlands Dampfmaschinen gegeben, die es aber zu einer wirtschaftlichen Bedeutung nicht haben bringen können.

In Marburg ist die Kolben-Dampfmaschine durch die großen Arbeiten des genialen Franzosen Denis Papin entstanden. Der so überaus interessante Briefwechsel zwischen Papin und Leibniz zeigt uns, wie eindringlich sich diese führenden Geister schon damit beschäftigt haben, die Dampfkraft allen möglichen Zwecken nutzbar zu machen. Kassel hat dann 1705 die ersten größeren Versuche Papins, mit der Dampfkraft Wasser zu heben, erlebt. 1715 versuchte man wieder in Kassel im Beisein des Landesherrn eine Dampfmaschine, deren Bauart aus den uns überlieferten Quellen allerdings nicht zu erkennen ist, in Betrieb zu nehmen.

Wieder in Kassel wurde 1722 für den Landgrafen von Hessen von Fischer v. Erlach nach englischem Vorbild eine atmosphärische Maschine erbaut, die das Wasser für die Springbrunnen der fürstlichen Gärten zu beschaffen hatte; sie wurde 1765 abgebrochen.

Eine ganze Schar „Projektmacher“ von oft recht fraglicher Art suchten sich damals mit dieser „Elementar-Maschine“ zu beschäftigen. Wie die Goldmacher der früheren Zeit, so drängten sich auch jetzt viele mechanische Künstler an die Fürsten heran, um deren Liebhaberei für technische Künste zugunsten ihres eigenen Geldbeutels auszunutzen.

So bieten um das Jahr 1720 auch zwei Artillerieoffiziere, Johann Jacob Brückmann aus Harburg und Johann Heinrich Weber aus Kassel, der hannöverschen Regierung ihre „Wunderenswürdige“ Elementarmaschine

¹⁾ Monatsschrift für deutsche Beamte. 1884.

an, die wirklich für eine „Universalwasserhebungskunst“ sich ausgeben könne. Sie schildern sehr beweglich die große Not der Bergwerke durch die stärker werdenden Wassermengen, sie weisen ferner darauf hin, daß die bisher gebrauchten Hilfsmittel in vielen Fällen nicht mehr ausreichen, und aus all dieser Not, versprechen sie, wird ihre neue Maschine den Bergbau erretten, welche „durch die vier Elementen Kräfte als: Wasser, Luft, Feuer und Erde, operiret und bewegt wird und vermögend ist, alle Wassere, sie mögen so tieff oder hoch zu heben seyn wie sie immer wollen, sehr bequemlich zu heben.“

Die Harzer Bergwerke traten auch mit den Erfindern in Verbindung und interessant ist, wie sich diese, da es einen Patentschutz noch nicht gab, durch den Kontrakt zu schützen versuchten. In dem Entwurf heißt es:

„Wo ein kluger Kopf das Werk ablernte und nachmachte und es für seine Invention ausgäbe und in den Braunschweigischen Landen damit ertappet würde, soll solcher nach der Gebühr bestraft, die nachgemachte Maschine verkauft und die Hälfte des Erlöses an die Autores, die andre Hälfte aber an die Kammer anheimfallen.“

Aber die Erfinder verlangten für ihre Geheimnisse, die sie sorgfältigst hüteten, nicht weniger als 100000 Taler und ein Privilegium auf 20 Jahre. Das wollte aber und konnte die hannöversche Regierung nicht bewilligen, der Versuch unterblieb. In einer 1720 in Kassel erschienenen Druckschrift¹⁾ suchten die Erfinder die Vorteile ihrer Maschine klarzulegen. Der Inhalt ist kennzeichnend für den Gedankengang, für die ungeheure Selbstüberschätzung der Erfinder, der am leichtesten die anheimfallen, die noch nicht den weiten Weg, von einer Idee bis zur praktischen Ausführung, selbst kennen gelernt haben. Ihrer Schrift, die 38 Seiten umfaßt, schicken sie allein eine Vorrede von 20 Seiten voraus. Der ganze Inhalt ist eine in schwülstiger Sprache geschriebene Reklameschrift. Die Verfasser schreiben vom Stein der Weisen, vom Perpetuum mobile und anderen Hauptgeheimnissen, von denen sie das sechste mit ihrer Elementarmaschine gelöst haben wollen.

Das zweite Kapitel handelt zwar „Von denen Eigenschaften und Wirkungen unserer Elementar-Maschine“, aber der erste Satz lautet:

„Man wird aber nun auch begierig seyn zu wissen, was es dann doch mit einer solchen Maschine, welche durch die Kräfte der vier Elemente bewegt werde und so große Gewalt thun könne, für eine Bewandnüz habe. Dieses Geheimnüz aber an sich selbst zu offenbaren würde uns jedermann, der nur gesunde Vernunft hat, verdencken und darzu auslachen, wie wir es dann auch werth wären, wann wir nicht vorher soviel für das Inventum,

¹⁾ s. Brückmann u. Weber, Neu-Erfundene Elementar-Maschine, Cassel 1720. — Nähere Mitteilungen hierüber enthält auch mein Aufsatz: Die ersten Dampfmaschinen außerhalb Englands. Z. d. V. d. Ing. 1905, S.1971.

als auch Mühe und Kosten so wir darauff verwendet, eine Vergeltung uns accordiren ließen.“

Man sieht, die Erfinder waren vorsichtig, aber nicht minder auch „alle Potentaten und Staaten, denen sie in gebührender Submission ihre Erfindung auf sehr billige Konditionen anbieten“, denn von irgendeinem Erfolg, von einer Ausführung der Maschine, ist nichts bekannt.

Um dieselbe Zeit erschien in der deutschen Literatur bereits der erste ernsthafte, ausführliche Bericht über die englischen Dampfmaschinen. Das Verdienst, in deutscher Sprache die Dampfmaschinen zuerst behandelt zu haben, gebührt Jacob Leupold, der in seinem großangelegten: *Theatrum machinarum* über den gesamten Maschinenbau und die Instrumentenkunde der damaligen Zeit berichtet und hierbei auch schon 1725 die Papinsche, Saverysche und atmosphärische Maschine nicht vergessen hat.¹⁾

Leupold empfahl sein Werk „nicht nur Künstlern, Kunstmeistern, Bergleuten und Kunst-Steigern, ja allen, die selbst Hand anlegen, sondern auch Architectis, Ingenieurs, Commissarien, Beamten; überhaupt allen Hauswirthen und Kunst-liebenden, absonderlich aber der Jugend, solcher ein Erkänntnis und Fundament gar leychte beyzubringen sehr nützlich und nöthig.“

Es ist interessant, aus diesen Empfehlungen des Werkes und den einzelnen Berufsklassen zu ersehen, daß auch damals schon, 1725, das Wort Ingenieur als Berufsbezeichnung für Maschinenbauer neben Künstler, Kunstmeister, Architekt gebräuchlich war.

Wie sehr sich allorts die Erfinder bereits mit der Nutzbarmachung der Dampfkraft beschäftigt haben müssen, zeigen Leupolds sehr interessante Ausführungen, die an ihrer allgemeinen Wahrheit auch bis heute noch nichts eingebüßt haben. Leupold schreibt im Schauplatz der Wasserkünste, Leipzig 1724, nachdem er vorher den Text der erwähnten Weber-Brückmannschen Reklameschrift angeführt hat (Seite 170):

„Alleine ich will mich hierbei nicht aufhalten, sondern nur noch melden, daß man ohne große Mühe einen ziemlichen Numerum, ja eine gantze Compagnie aufsuchen könnte, die entweder ihre neuen und nützlichen Inventa der Welt mündlich und schriftlich antragen, oder noch darüber begriffen sind, das Maschinen-Wesen zu verbessern, und kan ich mich öfters nicht genugsam verwundern, daß der Inventions-Geist so gewaltig überall herrescht, so gar, daß Schuster, Schneider, Gelehrte und Ungelehrte, ja öfters solche Leute, die eben so weit in der Mechanik erfahren, als der Hund im Schuh-flicken, sich auf das Inventiren legen, theils sich dadurch bekandt und berühmt zu machen, theils ihr Brodt dadurch zu gewinnen, oder, welches die meisten hoffen, groß und reich zu werden.

Noch mehr aber machet mir es wundern, wenn ich sehe, daß so viele die sich gerühmet, daß sie dieses und jenes wahrhaftig besäßen, in so langen Jahren und Zeiten nichts zu Stande bringen, es noch immerdar bey dem alten bleiben lassen. Absonderlich was die Vermehrung der Krafft oder das Perpetuum mobile anbetrifft.

Doch meinet ein jeder er habe seyne Kunst bey allen vier Zipffel. Fraget man aber: Warum er solches nicht zum Effekt bringe? so fehlet es entweder an der Zeit, oder am Geld und Kosten. Da will einer so viel hundert, der andere so viel tausend Rthlr. Vorschuß darzu haben und diejenigen welche Kosten darzu haben, und es wohl zehnmal probiret, die trösten sich, daß sie allezeit nur dieses oder jenes versehen, nun aber wenn sie es noch einmahl machen wolten, oder könnten, solte es ohnfehlbar und gewiß angehen, weil sie es gesehen, woran sie gefehlet.“

Auch Leupold selbst gab bereits 1725 durch Zeichnung und Beschreibungen eine Hochdruckmaschine an und dachte daran, mit dieser Maschine „eine Schneidemühle in einem Walde, da genug Holtz und stehende Pfützen sind,“ zu betreiben. Aber ihm selbst fehlte Zeit und Gelegenheit, „um die kuriösen Proben und Versuche“ mit seiner Maschine anzustellen. Ein anderer „Kuriösus“, der, wie Leupold hoffte, seine Erfindung nutzbar machen würde, fand sich zunächst nicht, so blieb auch diese erste Hochdruckmaschine ein Projekt.

Zur wirklichen Ausführung einer Feuermaschine brachte es 1744 der Landbaumeister Friedrich Keßler in Bernburg, der die von ihm erdachte und für den Steinkohlenbergbau zu Opperde bei Ballenstedt bestimmte „Feuer-Machina“, dem Fürsten Victor Friedrich am 26. März 1745 fertig montiert und angefeuert vorführen konnte.

Keßler gibt uns auch schon eine Kostenberechnung, worin er nachweist, welch große wirtschaftlichen Vorteile sich erreichen lassen, wenn man menschliche Muskelkraft durch diese neue Maschine ersetzt.

„Die Feuermaschine an sich 250 Thaler, alle 30 Jahre neu, thut ein Jahr 8 Thaler 8 Gr. Das Gebäu solcher Maschinen 130 Thaler, alle 20 Jahre neu, thut in einem Jahre 6 Thaler 12 Gr. Ferner die Unterhaltung des Feuers als mit Steinkohlen jährlich 304 Thaler 4 Gr. Tag 20 Gr. Zwei Personen so auf das Feuer Achtung geben, täglich 8 Gr., thut in einem Jahr 121 Thaler 8 Gr. Können alte Leute, so sonst nichts verdienen, auch verrichten; sind also die Kosten der Feuermaschine jährlich 466 Thaler und so der Profit vor den Puppen mit Menschen 1393 Thaler 4 Gr.“

Von einer praktischen Verwendung dieser Maschine im Bergbau, trotz der großen Vorteile, die Keßler für sie ausrechnet, ist nichts berichtet.¹⁾

Immerhin kann man annehmen, daß um 1770 auch in Deutschland wohl schon hier und da Versuche gemacht wurden, die Dampfmaschine dauernd in den praktischen Betrieb einzuführen. Wenigstens berichtet 1773 Johann Peter Eberhard, damals Professor in Halle, in seinem neuen Beitrag zur angewandten Mathematik: „Oft setzt man, besonders bei Kohlenbergwerken und wo die Feuerung leicht und wohlfeil zu haben ist, die Kunst (Wasserhaltung der Bergwerke) durch eine Feuermaschine in Bewegung.“ Eberhard hielt die neue Maschine auch bereits für so wichtig, daß, „einer, der dem Staat künftig in dieser Absicht nützlich zu werden gedenkt,“ ihre Einrichtung und Betrieb, wenn auch nur im allgemeinen, schon auf der Universität kennen lernen müsse. Er erläutert dann kurz an Hand einer von ihm entworfenen Zeichnung eine von ihm verbesserte Feuermaschine.

Sogar eine Geschichte der Feuermaschine, worin er auch die verschiedenen Konstruktionen auseinandersetzen wollte, versprach Eberhard schon

¹⁾ s. Schöne, Z. d. V. d. Ing. 1892.

damals in der Einleitung seines Werkes; leider ist er nicht dazu gekommen, dieses Versprechen zu erfüllen.

1773 kam auf der lothringischen Grube Grisborn — damals französisches Gebiet — eine Feuermaschine in Tätigkeit. War sie auch nur kurze Zeit im Gange, so kann sie doch darauf Anspruch machen, innerhalb der heutigen Grenzen Deutschlands die erste dem praktischen Betrieb dienende Dampfmaschine gewesen zu sein.

Die erste Maschine Preußens hat in den 70er Jahren bereits der Geheime Rath Gansauge auf seinem Kohlenbergwerk zu Altenweddingen aufgestellt.¹⁾ Sie gab Friedrich II. die erste Veranlassung, seine Beamten nachdrücklich auf die Bedeutung der Feuermaschine aufmerksam zu machen. Der an den Minister von Heinitz am 25. Mai 1780 gerichtete Kabinettsbefehl zeigt, wie eingehend sich schon damals der König mit der Feuermaschine befaßt hat. Das denkwürdige Aktenstück lautet:

„Es hat der verstorbene Geheime Rath Gansauge auf seine Kosten eine Feuer-Maschine bei seinem Kohlenwerke erbauen lassen, wo damit das Wasser aus der Grube zu heben, welches auch mit dem besten Effekt versucht worden. Nur ist solche noch nicht so gantz dauerhaft befunden worden: Wenn aber dieses annach zu bewürken, so würde davon bey denen Bergwerken zu Wettin und Rothenburg, auch bei den Gradirwerken Schönebeck und selbst bei dem Steinbruch in hiesiger Provintz, mit großem Nutzen Gebrauch gemachet werden können, um das Wasser herauszuschaffen: Ich habe Euch demnach hierdurch beauftragen wollen, diese Feuer-Maschine genauer zu examiniren und zu sehen, was daran fehlet und wie das abzuändern und die Maschine in die gehörige Ordnung zu bringen, daß solche bei allen Bergwerken dazu gebrauchet werden kann, um das Wasser herauszubringen: Ihr werdet Euch also angelegen sein lassen, Euch dieser Sache gehörig zu unterziehen und zu suchen, diese Feuer-Maschine in einen ordentlichen und dauerhaften Zustand zu bringen, worüber Ich dann Eueren Bericht erwarten will.“

Die weitere Entwicklung zeigt, wie sehr es sich des großen Königs große Beamte, der Freiherr von Heinitz und Freiherr von Reden angelegen sein ließen, die Dampfmaschine in Preußen anzuwenden.

Sobald die Nachrichten von Watts Erfindungen und den Erfolgen seiner Maschine der preußischen Regierung bekannt geworden waren, wurde sofort auf Befehl des Königs der Oberbergrat Waitz Freiherr von Eschen und der Bergassessor Carl Friedrich Bückling nach England gesandt, um Watts Maschine an Ort und Stelle zu studieren. Das war aber leichter befohlen als ausgeführt, denn England suchte seine technische Vormacht-

¹⁾ Leider konnte ich über diese Gansaugeschen atmosphärischen Maschinen näheres nicht erfahren; weder Zeichnungen noch Aktenstücke, die darauf Bezug haben, sind trotz der lebenswürdigen Bemühung des Königlichen Oberbergamtes Halle bisher über diese Maschine gefunden worden.

stellung in rücksichtslosester Weise durch Ausfuhrverbot und durch hohe Strafen, mit denen jeder Verrat von Geheimnissen belegt wurde, zu schützen. Die Welt war im Kampf mit England und im Krieg gelten Mittel, die sonst die bürgerliche Moral verurteilt. Auch die preußischen Abgesandten suchten mit allen Mittel den Befehl des Königs auszuführen. Eine Spionage, als ob es gelte eine feindliche Festung zu erobern, wurde ausgebildet, Arbeiter wurden ausgehört; man verstand es, das zu sehen, was man sehen mußte, und voller Freude konnte Bückling schließlich berichten: „daß er so glücklich gewesen sei, die Boultonsche Feuermaschine, deren Mechanismus die französischen nach London geschickten Akademisten vergebens zu erforschen bemüht gewesen sind, genau zu untersuchen und ihren Mechanismus sowohl wie das Verhältnis aller ihrer Teile sorgfältig zu berechnen.“

Die in England erworbenen Kenntnisse sollten bald benutzt werden. Am 1. Juni 1783 erhielt Bückling von Berlin den allerhöchsten Spezialbefehl, sofort die nötigen Anstalten zu treffen, um in dem Mansfeldschen Bergbaugesamt eine Feuermaschine zu erbauen.¹⁾

¹⁾ Carl Friedrich Bückling wurde in Ruppin als Sohn eines Kaufmanns am 23. Juli 1750 geboren. In Berlin, wohin sein Vater 1756 verzogen war, genoß er eine gute Erziehung. Anfangs für das Bauwesen ausgebildet, ging er später zum Berg- und Hüttenfach über, und zwar war es v. Heinitz, der ihn in das „Bergwerkskorps“ aufnahm und mit noch vier Kollegen auf die Freiburger Bergschule sandte.

Nach vollendeter Studienzeit bereiste Bückling 1779 im Auftrage des Ministers Frankreich, die skandinavischen Länder und vor allem England, wo er besonders die Wattsche Maschine genau kennen lernen sollte. Als Handwerker soll er sich in der Wattschen Fabrik die nötigen Kenntnisse erworben haben. Nach seiner Rückkehr baute er mit Hilfe zweier Mechaniker in Berlin das Modell einer Wattschen Dampfmaschine, und als dies gut ging, erhielt er den Auftrag auf die Hettstedter Maschine. Die Betriebschwierigkeiten bei dieser Maschine veranlaßten seine zweite Reise, bei der er, sich als Heizer ausgebend, in London längere Zeit Gelegenheit nahm, Dampfmaschinen kennen zu lernen. Er bereiste dann vor allem Cornwall, und von hier gelang es ihm, Richard als Maschinenmeister für Preußen zu gewinnen. Aus London soll er sich, da er inzwischen als preußischer Spion erkannt worden, nur durch eilige Flucht vor dem Haß derer, die ihre Geheimnisse verraten fühlten, gerettet haben.

Um das Maschinenwesen Deutschlands erwarb sich Bückling große Verdienste. Neben zahlreichen Dampfmaschinen erbaute er auch Bohr- und Drehwerke und verbesserte die technische Betriebseinrichtung der Salinen.

1790 zum Oberbergrat ernannt, erhielt er die Oberleitung über das ganze Maschinenwesen der Oberberg- und Salzämter in Preußen.

Nach dem großen napoleonischen Besitzwechsel wurde Bückling 1809 vom König von Westfalen zum Ingenieur en chef der Maschinendirektion der Elbedivision ernannt, eine Stellung, die er nur ein Jahr behielt, um in preußische Dienste nach Berlin zurückzukehren. Ein Pensionsgesuch, das er aus Gesundheitsrücksichten 1811 einreichte, wurde abgelehnt mit der Begründung, „da bey dem gegenwärtigen Zustand der Kassen kaum die völlig begründeten Pensionsansprüche zu befriedigen sind.“

Bückling starb in Berlin am 22. Februar 1812.

[Das Material zu den vorhergehenden Ausführungen verdanke ich Herrn Rittergutsbesitzer Reil in Chorulla O./S.; auch der Berliner Kalender von 1828 enthält einige Angaben.]

Auf der preußischen Hoheit bei Burgörner hatte man beim Abteufen des neuen König Friedrich-Schachtes mit der Bewältigung großer Wassermengen zu rechnen. Lange hatte man in der Wahl der Betriebskraft geschwankt; schließlich siegte über die Roß-, Wasser- und Windkünste der Plan, eine „Boltonsche“¹⁾ Feuermaschine aufzustellen.

Bückling wurde beauftragt, zuerst eine Niederdruckmaschine im Modell auszuführen.

Da die kleine Modellmaschine befriedigte, wurde jetzt auch mit dem Bau der großen Wasserhaltungsmaschine selbst begonnen. Zum erstenmal konnte alles bei dieser Maschine von deutschen Arbeitern, aus deutschem Material hergestellt werden.

Die ganze preußische Monarchie arbeitete an der Fertigstellung ihrer ersten Dampfmaschine: Der Dampfzylinder wurde in dem königlichen Gießhause in Berlin gegossen, aus dem Kern gebohrt und inwendig sehr sauber poliert; die Kolbenstange und andere größere Schmiedeteile lieferte ein oberschlesischer Hammer; die Gußteile stammten aus Zehdenick in der Mark Brandenburg; der königliche Kupferhammer bei Neustadt-Eberswalde fertigte den Dampfkessel an; die Pumpen entstanden in Ilsenburg und Mägdelsprung im Harz; den hölzernen Balancier nebst Zubehör stellte man auf dem Schachte selbst her.

Es war eine einfachwirkende Wattsche Dampfniederdruckmaschine, wie sie im zweiten Teil dargestellt ist. Am 23. August 1785 konnte bei Hettstedt diese Feuermaschine zu dauernder gewerblicher Benutzung in Betrieb genommen werden. Der Verein deutscher Ingenieure hat 100 Jahre später die Bedeutung dieser Maschine durch ein Denkmal auf dem heute verlassenen Schachte, wo sie zuerst ihre Glieder bewegte, in entsprechender Form gewürdigt.²⁾

Bei dieser ersten Maschine, die auf Veranlassung des großen Königs errichtet wurde, hatte man gleich anfangs trübe Erfahrungen mit dem Kesselstein zu machen. Es führte zu einer Betriebsunterbrechung; Bückling mußte zum zweiten Male nach England fahren, wo es ihm gelang, einen neuen Zylinder für die Maschine zu erwerben und vor allem auch einen englischen Maschinenbauer William Richard aus Cornwall zum Übersiedeln nach Preußen zu bewegen.

1786 traf Richard mit Bückling in Hettstedt ein und wurde hier vom 1. Januar 1787 an mit 300 Taler jährlichem Gehalt als preußischer Staatsbeamter angestellt. Er leitete den Umbau der Maschine; er verstand es, sie dauernd in gutem Zustande zu erhalten, und erbaute auch bald in einer kleinen Werkstatt eine Anzahl weiterer Maschinen.

¹⁾ Der große englische Unternehmer Boulton war damals in viel weiteren Kreisen bekannt als der Konstrukteur der Maschine James Watt. Es findet sich in den alten deutschen Aktenstücken viel öfter der Name Boulton in den verschiedensten Schreibweisen, z. B. Bulton, Bolten, Bohlton usw. als der Watts.

²⁾ s. Z. d. V. d. Ing. 1886, S. 1046, u. 1890, S. 1282.

Interessant ist es, wie sehr die Behörde sich zuerst mit dem Selbstbewußtsein des Engländers, dessen Kenntnisse ihr unentbehrlich waren, abfinden mußte. Zunächst weigerte sich Richard den Dienst zu leisten; er war Quäker. Auch sonst drückte er offen seinen Abscheu gegen die bureaukratischen langatmigen Instruktionen aus, ohne die es damals in Deutschland eben nicht ging, und um die er sich nun kümmern sollte. Als man auch aus Sparsamkeit die Wartung der Maschine von ihm verlangte, verstand er es, erfolgreich der Behörde den Unterschied zwischen einem Maschinenmeister und einem Maschinenwärter klar zu machen.

Bis 1827 war Richard mit größtem Erfolg für die königlichen Behörden und für die Gewerkschaften tätig.¹⁾ Von ihm rührt auch jedenfalls die 1783 für den W-Schacht in Eisleben erbaute Wasserhaltungsmaschine her, die als eine der ältesten noch bestehenden Feuermaschinen einen wohlverdienten Ehrenplatz im Deutschen Museum zu München erhalten hat.²⁾

Bedeutungsvoll wurde die Hettstedter Maschine auch dadurch, daß hier August Friedrich Holtzhausen, der dem Grafen Reden als ein „guter mechanischer Kopf“ warm empfohlen war, sich seine ersten Kenntnisse des Dampfmaschinenbaues unter der Leitung Bücklings und Richards erwarb. Kaum ein Jahr dauerte diese Vorbereitungszeit, da mußte Holtzhausen nach Oberschlesien, wo ihm, 1792 als Feuermaschinenmeister dorthin berufen, ein großes Arbeitsfeld im Dampfmaschinenbau erblühen sollte. In dem neueroberten Schlesien suchten Friedrich der Große und seine Minister: Freiherr von Heinitz³⁾ und von Reden, die er zur Ausführung seiner

¹⁾ 1827 setzte sich William Richard in Hettstedt zur Ruhe, wo er am 30. November 1831 starb. Sein Nachfolger wurde sein Sohn Franz Richard, welcher 1828 als Maschinenmeister angestellt wurde. Er hatte seine erste Ausbildung unter seinem Vater im Mansfeldschen erhalten und war dann in Oberschlesien von dem „sehr tüchtigen“ Holtzhausen, wie es in den Akten heißt, ausgebildet worden. Während sein Vater 1786 mit 300 Taler zufrieden sein mußte, bezog der Sohn 1841 bereits 800 Taler, 1847 wurde Richard zum gewerblichen Maschinenbauinspektor ernannt. In den Akten heißt es: „Es wird als bekannt vorausgesetzt, mit welcher unermüdlichen Tätigkeit und günstigem Erfolg Richard tätig war.“ s. Akten der Kupferschieferbauenden Gewerkschaft zu Eisleben.

²⁾ In Königsborn bei Unna steht noch eine von Bückling 1798 erbaute Maschine, von der aber nur noch Zylinder und Luftpumpe alt sind, alle anderen Teile sind in den 60er Jahren erneuert worden.

³⁾ Richard Anton Freiherr von Heinitz, geb. am 14. Mai 1724 zu Dröschkau in Kursachsen, studierte Bergbaukunde und arbeitete auch praktisch im Berg- und Hüttenwesen. 1747 zuerst in Braunschweig tätig, von wo er auch Schweden bereiste, untersuchte er dann in österreichischem Auftrag die großen ungarischen Bergwerke und entfaltete später in Dresden als Geh. Kammer- und Bergrat eine umfassende Tätigkeit. Hier entwarf er 1765 den Plan zu der Bergakademie in Freiberg, den er auch mit Hilfe des Berghauptmanns von Opperl durchführte. Er zuerst hat „philosophischen und wissenschaftlichen Geist“ in die Bergbaukunde hineingebracht. 1774 gab er seine Stellung auf und unternahm Studienreisen nach Frankreich und England. Zurückgekehrt, trat er als Chef des preußischen Berg- und Hüttendepartements in den Dienst Friedrich des Großen. Er starb am 18. Mai 1802.



August Friedrich Holtzhausen

geb. 4. März 1768, gest. 1. Dez. 1827

Idee bestimmt hatte, Berg- und Hüttenwesen in großem Maßstabe zu entwickeln. Zunächst galt es wohl, vor allem Munitionen für die schlesischen Festungen zu schaffen. 1777 wurde von Heinitz Minister; 1779 wurde ein besonderes Oberbergamt für Schlesien gegründet und dem besten Mann, der hierfür zu finden war: dem Freiherrn von Reden,¹⁾ übertragen. Durch große Reisen hatte von Reden das Berg- und Hüttenwesen in Deutschland, England und Schottland kennen gelernt. Von einem großen weiten Gesichtspunkt aus suchte er nach jeder Richtung hin, die Industrie seines Bezirkes zu entwickeln. So wurde Graf Reden der Begründer der heute so machtvollen schlesischen Montanindustrie.

Der Bergbau, dem Wasserkräfte für Wasserhaltungszwecke nicht genügend zur Verfügung standen, mußte frühzeitig daran denken, die Dampfkraft sich nutzbar zu machen. 1784 hatte man bei einem neuaufgeschlossenen Schachte bei Tarnowitz mit außergewöhnlich großen Wasserzuflüssen schon bei einer Teufe von wenig über 100 Fuß zu kämpfen. Über hundert Pferde, mit einem Kostenaufwand von jährlich 12 bis 15 Tausend Taler genügten nicht mehr. Schon 1785 ließ man sich durch einen Bergrat Eversmann zu Hagen, der persönliche Beziehungen in England hatte, bei dem englischen Maschinenbauer Samuel Homfray zu Penydarran bei Merthyr Tydwill (Süd-Wales) nach Preis und Konstruktion einer Wasserhaltungsmaschine erkundigen.²⁾

Man kann aus dem Schreiben ersehen, daß man zuerst die Absicht hatte, eine atmosphärische Maschine von 28 Zoll Zylinderdurchmesser nebst Kessel und allem, was dazu gehört, ausgenommen den Balancier, kommen zu lassen. Homfray aber riet sehr davon ab, den Balancier auszunehmen, weil er sonst nicht der richtigen Wirkung der Maschine sicher sein könne. Vor allem solle man die Maschine „auf keine Weise überladen“. „Sie mögen sie mit einem Pferde vergleichen, welches, wenn Sie ihm mehr aufladen,

¹⁾ Freiherr v. Reden, geb. am 20. März 1752 zu Hameln, erhielt bei seinem Onkel, dem Berghauptmann von Reden im Harz, seine technische Ausbildung, studierte in Göttingen, unternahm ausgedehnte Studienreisen besonders nach England und Schottland und wurde 1780 Direktor des schlesischen Oberbergamts. Hier wurde er der Schöpfer der bedeutenden staatlichen Bergwerks- und Hüttenindustrie. „Ich freue mich — schrieb Reden 1786 — im voraus der Zeiten, wo belebte Industrie, schnellere Zirkulation und Kultur diesen ungeachteten Winkel zur Perle der preußischen Krone erheben und dessen Bewohner aus armen gedrückten Sklaven zu gebildeten und glücklichen Menschen umschaffen werden.“ Eine zweite Studienreise führte ihn 1786 in Begleitung des späteren Ministers von Stein wieder nach England, wo er mit dem berühmten englischen Ingenieur Wilkinson freundschaftliche Beziehungen anknüpfte und ihn bewog, Berlin und Oberschlesien zu bereisen.

Nach dem unglücklichen Ausgang des Krieges erhielt Reden unerwartet aus Sparsamkeitsrücksichten einen ehrenvollen Abschied. Auf seinem Gut Buchwald im Riesengebirge starb er 1815.

²⁾ Die Antwort Homfrays auf diese Anfrage s. R. v. Carnall, die erste Dampfmaschine in Schlesien, Z. d. V. d. Ing. 1861, S. 27.

als es tragen kann, bald ermüdet und matt wird; Sie würden eine immerwährende Plage damit haben“.

Homfray empfahl natürlich die atmosphärische Maschine gegenüber der Watts. Die Stelle des Briefes, die hierauf Bezug nimmt, lautet:

„Wenn Sie den Druck der Atmosphäre für jeden Quadratzoll Zylinderkolbenfläche auf 14 Pfund rechnen, so müssen Sie 6 Pfund für die Reibung der Maschine abziehen, und dann bleiben 8 Pfund wirkliche Kraft für jeden Quadratzoll. Hr. Boulton kann zwar mit der Maschine, für welche er ein Patent besitzt, 10 Pfund heben, aber die Unkosten einer solchen Maschine sind so groß, und das, was man an ihm zahlen muß, ist so viel, daß niemand dergleichen errichtet, es müßte denn der Brand über die Maßen teuer sein, wie z. B. in Cornwall und in London. Die Reparaturkosten bei einer Boultonschen Maschine kommen sehr hoch und haben Sie nicht einen sehr guten Maschinenmann, welcher die Maschine durch und durch kennt, so hört die Plage, die Sie damit haben würden, gar nicht auf. Eine Maschine nach dem alten Prinzip, jedoch mit den verschiedenen Verbesserungen, die jetzt daran gemacht worden sind, ist, wenn der Brand nicht gar zu teuer, weit vorzuziehen, und ich versichere Sie, daß selbst, wenn Hr. Boulton mir erlauben wollte, eine Maschine nach seiner Art zu errichten, ohne ihm dafür das zu zahlen, was er gewöhnlich nimmt, ich mich dennoch sehr bedenken würde.“

Für eine Maschine von 28 Zoll Zylinderdurchmesser mit Kessel und allem Zubehör nebst Balancier verlangte Homfray frei Cardiff an Bord des Schiffes 400 £, dabei die Pumpen nicht eingerechnet. Als Lieferfrist gab er 4 Monate an. Am 20. Februar 1786 befahl denn auch der Minister von Heinitz, bei Homfray eine vollständige atmosphärische Maschine zu bestellen, und zwar für einen Zylinder von 20 Zoll Durchmesser.

Man wollte anfangs aber nicht nur eine Maschine, sondern auch einen Maschinenwärter, der in Oberschlesien die Maschine aufstellte und den Maschinenbau einführen sollte, von Homfray haben, der es aber sehr entschieden ablehnte, weil dies nach den englischen Gesetzen zu gefährlich sei; dagegen erklärte er sich bereit, auf seinem Werke einen Deutschen anzulernen. „Eine solche Gelegenheit“, bemerkte er, „vermag keine andere Gegend in unserem ganzen Königreiche darzubieten, als nur die meinige, und daß es in meiner Gewalt liegt, sie Ihnen darzubieten, beruht bloß auf der Lage meines Werkes, welche so einsam und entlegen ist, daß ich hier tun kann, was ich will.“

Sein Anerbieten wurde jedoch, da es an einer geeigneten Person fehlte, nicht angenommen.

In Oberschlesien hatte man, sobald man die Kosten für die neue Feuermaschine wußte, auch genaue Vergleichsberechnungen aufgestellt und daraus ersehen, daß man im Vergleich zu den Roßkünsten jährlich 10300 Taler mit der Feuermaschine sparen könne. Grund genug, daß man es jetzt mit der Inbetriebsetzung recht eilig hatte. Der damalige Oberbergrat,

spätere Staatsminister Freiherr v. Stein mußte noch selbst persönlich bei Homfray auf möglichste Beschleunigung der Maschinenlieferung dringen. Im Mai 1787 konnte die Maschine verladen werden, und gegen Ende Juni kam sie in Swinemünde an. Von Stettin ging es dann in drei Oderkähnen bis Breslau, dann mußte umgeladen werden; weiter ging es bis Oppeln und dann auf grundlosen Wegen bis nach Tarnowitz, wo die Maschine Ende August 1787 eintraf. Ein junger Mechaniker, Friedrich Rothe aus Dessau, sollte sie aufstellen. Als sie am 19. Januar 1788 zum ersten Male in Betrieb gesetzt wurde, zeigten sich die größten Mängel. Bückling mußte aus Rothenburg kommen, der dann auch schließlich die Maschine soweit in Ordnung brachte, daß sie am 4. April 1788 in regelmäßigen Betrieb genommen werden konnte.¹⁾

Die beiden nächsten 1790 und 1791 auf der Friedrichsgrube errichteten Dampfkünste von 20 und 40 Zoll Zylinderdurchmesser wurden schon in Oberschlesien erbaut. Nur die Dampfzylinder ließ man sich noch aus England kommen. Schon 1788 wurde Bückling damit beauftragt, nach dem Muster der Hettstedter Maschine eine Wattsche Maschine mit 40 Zoll Zylinderdurchmesser auch für Tarnowitz vorzubereiten. Ein großer Teil der Gußstücke wurde bereits in Malapane nach Bücklings schriftlichen Angaben, die sehr ausführlich waren und durch kleine Modelle aus Papier und Holz unterstützt wurden, gefertigt. Man rechnete sich aus, daß die geringeren Arbeitslöhne in Schlesien gegenüber England es ermöglichen würden, die ganze Maschine um 1528 Reichstaler billiger herzustellen. Der berühmte englische Eisenhüttenmann Wilkinson, der die preußische Regierung bei der Entwicklung der oberschlesischen Industrie tatkräftig unterstützte, besuchte 1789 Schlesien; mit ihm wurden auch die Zeichnungen der neuen Maschine ausführlich besprochen. Reden wieder besuchte Homfray einige Monate später in England und besprach auch hier ausführlich die neue

¹⁾ Diese erste Maschine Schlesiens hat über 10 Jahre auf dem Schacht gearbeitet. 1802 wurde sie auf einen anderen Schacht als Aushilfsmaschine für eine große 60-zöllige Maschine versetzt. 1834 kam sie wieder auf einen anderen Schacht und einige Jahre darauf mußte sie noch einmal ihren Standort wechseln. 1857 wurde sie als altes Eisen verkauft.

Das war die Feuermaschine, vielleicht die einzige, die Goethe zu Gesicht bekommen hat. Auf einer Reise mit seinem Landesherrn auch nach Oberschlesien gekommen, wurde er vom Grafen v. Reden vor dieses Werk geführt und unter diesem Eindruck schrieb er in das Fremdenbuch:

An die Knappschaft zu Tarnowitz, 4. Sept. 1790.

Fern von gebildeten Menschen, am Ende des Reiches, wer hilft Euch
Schätze finden und sie glücklich zu bringen ans Licht?

Nur Verstand und Redlichkeit helfen; es führen die beiden
Schlüssel zu jeglichem Schatz, welchen die Erde verwahrt.

So gut es Goethe wohl mit diesen Strophen gemeint hatte, so übel sind sie ihm von den Schlesiern genommen worden, und man hat dem weimarischen Minister in Druckschriften nachgewiesen, daß es auch in Schlesien durchaus gebildete Menschen gäbe

Dampfmaschine. So vielseitig gestaltete sich schon damals das Zusammenarbeiten deutscher und englischer Fachmänner, wobei damals die Deutschen als Lernende den englischen Ingenieuren viel Dank schuldeten.

In Oberschlesien suchte man sich naturgemäß von der englischen Hilfe bald unabhängig zu machen. Reden wollte nichts davon wissen, zum Aufstellen und Betrieb der Maschinen, Engländer heranzuziehen. Deutsche Kunstverständige, die auch an der Maschine gearbeitet hatten, wie Friedrich oder Puschbek, sollten die Maschine zusammenbauen und in Betrieb setzen.

Am 27. Februar 1791 konnte dann glücklich die zweite Maschine in Betrieb gesetzt werden.

Schon während des Baues dieser Maschine plante man die dritte Wasserhaltungsmaschine für den Tarnowitzer Bergbau. Sie sollte 48 Zoll Zylinderdurchmesser haben. Man fragte wieder bei Homfray an, er verlangte für einen Zylinder von 50 Zoll Durchmesser 900 £, riet aber noch größere Zylinder zu nehmen, „da der Mangel an Kraft ein sehr großes Übel ist“. Außerdem verlangte man auch Preisangaben von William Banks in Benthal und von Wilkinson; der letztere empfahl dringend, eine Wattsche Dampfmaschine statt einer atmosphärischen zu wählen. Die deutschen Kunstmeister schlossen sich dem Wilkinsonschen Vorschlag an, aber die Bergbehörde wollte zunächst noch nichts von einer Wattschen Maschine wissen. „Die Kohlenpreise seien zu gering, um sich denen mit allen Neuerungen verbundenen Hindernissen und denen in den Komplikationen liegenden Schwierigkeiten aussetzen zu dürfen.“

Auch bei dieser dritten Maschine waren die mannigfachsten Schwierigkeiten zu überwinden. Reden mußte sich um alles kümmern. Die Tarnowitzer Behörde konnte sich mit dem Erbauer der Maschine, dem Kunstverständigen Friedrich nicht vertragen. Bitter beschwerte sie sich in Breslau über seine Willkürlichkeit und Eigenmächtigkeit, er halte sich für unentbehrlich und glaube daher, er könne machen, was er wolle. Von Reden mahnte auszuhalten. „Es kommt hier nicht darauf an, wer die Sache macht, sondern daß sie bald und gut gemacht werde.“

Schließlich wurde Friedrich nach Malapane geschickt und Holtzhausen mußte ihn beim Bau der 48 zolligen Maschine vertreten.

Damit begann Holtzhausen unter den schwierigsten Verhältnissen mit den einfachsten und rohesten Werkzeugen und gänzlich ungeschulten Leuten Dampfmaschinen auch selbst zu erbauen. Von 1794 bis 1825 stellte er mehr als 50 Dampfmaschinen von zusammen etwa 770 PS fertig. Atmosphärische Maschinen und später ausschließlich Wattsche einfachwirkende Maschinen für Wasserhaltungswerke und zuletzt auch Wattsche doppelwirkende Maschinen für verschiedene Betriebe wurden von ihm errichtet. Die Maschinenteile wurden zuerst auf der Hütte zu Malapane, später zu Gleiwitz angefertigt.

Die Abmessungen seiner Maschine schwankten zwischen 314 und 1570 mm Zylinderdurchmesser, die Leistung etwa zwischen 4 und 80 PS. Die Baukosten einschließlich der Kessel, Pumpen und Gebäude nebst Zubehör betragen 500 bis 761 Taler für 1 PS.

Die Malapaner Werke wurden schon 1763 begonnen. Hier machte man die ersten Erfahrungen mit Formerei und Gießerei; hier wurden 1783 die ersten eisernen Geschütze in Oberschlesien vollendet und 1785 die erste Bohr- und Drehmühle angelegt. Malapane wurde so zu einer der ersten deutschen Maschinenbauanstalten, die auch weit über die deutschen Grenzen hinaus damals Interesse erregte.¹⁾ In Gleiwitz wurde 1796 der erste Koks-Ofen des Kontinents in Betrieb gesetzt. Auch die Gleiwitzer Gießerei machte bald große Fortschritte. Eine Preisliste aus dem Jahr 1798 konnte bereits anbieten: „Cylinder von beliebiger Weite und Länge ausgebohrt den Centner 8 Thaler.“ 1801 wurde hier bereits ein 60 zölliger Dampfzylinder und ein 72 zölliger, 10 Fuß hoher Gebläsezylinder für die Königshütte gegossen und gebohrt. 1806 wurde auch in Gleiwitz ein Bohr- und Drehwerk angelegt und das Werk zu einer Maschinenfabrik ausgebaut. 1808 wurde Holtzhausen zum Maschineninspektor dieser Werkstätten ernannt.²⁾

Aus Schlesien verbreitete sich der Dampfmaschinenbau nach allen Richtungen. Auch die erste Dampfmaschine Westfalens stammt von dort. Wahrscheinlich von Holtzhausen erbaut, kam sie 1801 auf der Zeche Vollmond bei Langendreer in Betrieb. Das Maschinenhaus baute Franz Dinnendahl, der am 20. August 1775 als armer Müllerssohn geboren, es damals vom Schweinehirten schon zum Tischler und Zimmermann gebracht hatte.³⁾

Diese erste Feuermaschine, die der junge Zimmermann zu Gesichte bekam, regte ihn dazu an, da er vorher schon Maschinenbauwerke, die damals fast ganz in seinen Beruf schlugen, erbaut hatte, auch seinerseits den Bau dieser neuen Kraftmaschinen zu versuchen. Selbstbewußt erklärte er jedem, der es hören wollte, wenn man nur Zutrauen zu ihm haben wolle,

¹⁾ Über die Geschichte der Königlichen Hütte zu Malapane s. Gentzen, Denkschrift zur Feier des 150 jährigen Bestehens der Königlichen Hütte zu Malapane, Berlin 1904. Ferner sind noch Angaben erhalten in der Festschrift zur 29. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure Breslau 1888. Im Jahre 1823 wurde mit dem Bau der jetzigen Maschinenwerkstatt zu Malapane begonnen.

²⁾ August Friedrich Wilhelm Holtzhausen wurde am 4. März 1768 in Ellrich am Südharz geboren. 1790 war er in Andreasberg im Berg- und Maschinenfach tätig. Am 1. Dezember 1827 endigte ein Schlaganfall das arbeitsreiche Leben des Mannes, dessen Werke noch lange nach seinem Tode darauf hinwiesen, wie viel die schlesische Industrie dem bescheidenen Maschinenmeister zu verdanken hat.

³⁾ s. meinen Aufsatz: Franz Dinnendahl, ein 100jähriges Dampfmaschinenjubiläum, Z. d. V. d. Ing. 1903, S. 85, und ebenfalls: Franz Dinnendahl, ein Lebensbild eines deutschen Kunstmeisters in Beiträgen zur Geschichte von Stadt und Stift Essen, Heft 26. An dieser Stelle sind die unvollständig gebliebene Selbstbiographie Dinnendahls und einige interessante Aktenstücke abgedruckt.

würde er sehr wohl imstande sein, auch neue Feuermaschinen zu bauen. Die wohlgelungenen Ausführungen einiger kleinen von Hand betriebenen Maschinen begannen auch andere „von seinem technischen Genie“, an das er selbst sehr stark glaubte, zu überzeugen. So wurde ihm denn 1801 eine atmosphärische Maschine für die Zeche Wohlgemut bei Essen übertragen. Außerordentlich groß waren die Schwierigkeiten, die auch er zu überwinden hatte, ehe ihm das so kühn unternommene Werk gelingen konnte. Er selbst schildert in seiner Biographie die Hindernisse, die sich ihm in den Weg stellten, und er gibt damit vorzüglich den Hintergrund, auf dem sich die Leistungen dieser ersten Kunstmeister so bedeutungsvoll abheben. Er schreibt:

„Freilich war es ein wichtiges Unternehmen, besonders, weil in der hiesigen Gegend nicht einmal ein Schmied war, der imstande gewesen wäre, eine ordentliche Schraube zu machen, geschweige denn andere zur Maschine gehörige Schmiedeteile, als Steuerung, Zylinderstange und Kesselarbeit usw. hätte gefertigen können oder Bohren und Drechseln verstanden hätte. Schreiner- und Zimmermannsarbeiten verstand ich selbst; aber nun mußte ich auch Schmiedearbeiten machen, ohne sie jemals gelernt zu haben. Indessen schmiedete ich fast die ganze Maschine mit eigener Hand, selbst den Kessel, so daß ich 1 bis 1½ Jahre fast nichts anderes als Schmiedearbeiten fertigte, und ersetzte also den Mangel an Arbeitern der Art selbst. Aber es fehlte auch an gut eingerichteten Blechhämmern und geübten Blechschmieden in der hiesigen Gegend, weshalb die Platten zum ersten Kessel fast alle unganzz und kaltbrüchig waren. Ebenso unvollkommen waren diejenigen Stücke der Maschine, welche die Eisenhütte liefern mußte, als Zylinder, Dampfrohren, Schachtpumpe, Kolben und dergl. Auch dieses Hindernis wurde überwunden, indem ich durch die Mitteilung eigener Ideen und durch das eigene Raffinieren des Hrn. Jacobi, Eigentümers der Eisenhütte zu Sterkrade, dahin brachte, daß diese Eisenhütte alle nötigen Stücke zu einer Maschine, anfangs freilich unvollkommen, aber jetzt in der möglichsten Vollkommenheit liefert. Das Bohren der Zylinder setzte mir neue Hindernisse entgegen, allein auch dadurch ließ ich mich nicht abschrecken, sondern fertigte mir eine Bohrmaschine, ohne jemals eine solche gesehen zu haben. So brachte ich es also nach unsäglichen Hindernissen endlich soweit, daß die erste Maschine nach altem Prinzip fertig wurde.“

1803 konnte dann die erste Dinnendahlsche Feuermaschine in Betrieb gesetzt werden. Das glückliche Gelingen des großen Unternehmens schaffte Dinnendahl einen Ruf, der bald über die Grenzen seiner engeren Heimat hinausging. Im gleichen Jahr wurde er nach Aachen gerufen, um dort für das Bleibergwerk Diepenlinchen eine Feuermaschine zu erbauen.

Im Aachener Bezirk war schon 1793 unweit der sog. Herrenkunstschächte der Grube Zentrum in der Eschweiler Mulde die erste atmosphärische Maschine in Betrieb gekommen; sie sollte bei 4 Fuß Zy-



Franz Dinnendahl

geb. 20. Aug. 1775, gest. 25. Aug. 1826

linderdurchmesser mit zwei 10 zölligen Pumpen das Wasser aus 146 Fuß Tiefe heben.¹⁾

Dinnendahl sollte jetzt für 5000 Reichstaler eine 32 zöllige Feuermaschine liefern. Inzwischen hatte er in der von Bückling erbauten Feuermaschine der Saline Königsborn bei Unna zum erstenmal eine Wattsche Dampfmaschine kennen gelernt, und er zögerte nicht bei der Aachener Maschine schon diese neue Bauart zu versuchen. Er war aber vorsichtig; er beschloß die Maschine für „beide Methoden“ einzurichten und sie zunächst als atmosphärische Maschine in Gang zu setzen. 1804 konnte er die Maschine anlassen. Nachdem sie sich bewährt hatte, änderte er sie in der geplanten Weise um, d. h. er brachte einen Deckel auf den Zylinder, änderte die Steuerung entsprechend und nahm die Luftpumpen in Betrieb.

Mit größter Spannung erwartete er den Erfolg, und als er sah, daß auch nach dem „neuen Prinzip“ die Maschine ihre Arbeit in bester Weise verrichtete, da fühlte der einfache Kunstmeister jener vergangenen Zeit die große Freude des eigenen Schaffens, die auch heute noch den im praktischen Leben stehenden Ingenieur für allen Ärger und Verdruß belohnt, den oft das Berufsleben mit sich bringt. Als er in späteren Jahren seine Lebenserinnerungen zu Papier brachte, schrieb er, eingedenk jener glücklichen Stunde: „Welche Freude es mir machte, als ich sah, daß die Maschine ihre Wirkung tat, kann ich unmöglich schildern.“

1804 erbaute Dinnendahl für den Grafen von Spee bei Ratingen eine 16 zöllige Feuermaschine. Der noch vorhandene Vertrag zeigt, welch überaus harte Bedingungen damals der Kunstmeister eingehen mußte, um den Auftrag zu erhalten.²⁾

Verzugstrafe, Abnahmeversuche unter Hinzuziehen von Sachverständigen und Schadenersatz bis zur Höhe des ganzen Vermögens, Hinterlegen einer Haftsumme, Gewährleistung für die Dauerhaftigkeit der einzelnen Teile, für die des Zylinders bis auf 40 Jahre, sind Bedingungen, um welche die heutigen Dampfmaschinenfabrikanten ihren Vorgänger wohl kaum beneiden dürften.

1806 erhielt Dinnendahl einen sehr bedeutenden Auftrag; er sollte eine 40 zöllige Wasserhaltungsmaschine für die Zeche Sälzer und Neuack liefern. Hier plante er mit der Wasserhaltungsmaschine sogar schon eine Fördermaschine zu errichten und beide aus „einem“ Kessel zu speisen.

Daß man zwei Maschinen mit einem Kessel betreiben könnte, wollten ihm aber auch damals Fachleute kaum glauben. Schließlich traten die maßgebenden Persönlichkeiten doch für ihn ein, und der Bau der 40 zölligen Wasserhaltungsmaschine wurde ihm für 14 000, der 15 zölligen Fördermaschine für 2800 Reichstaler übertragen. Von jetzt an widmete sich Dinnendahl ausschließlich dem Maschinenbau und zog von Altendorf nach Essen,

¹⁾ s. Festschrift des Aachener Bezirksvereines d. Ing. 1895; Riedler, Schnellbetrieb.

²⁾ Abgedruckt Z. d. V. d. Ing. 1903, S. 587.

wo er seine Maschinenfabrik errichtete. Eine ganze Anzahl bedeutender Maschinen sind hieraus hervorgegangen. Auch Napoleon zog Nutzen von der technischen Kunst Dinnendahls. 1808 wurde dieser beauftragt, mit Feuermaschinen den Baugrund für das Fort Napoleon, jetzt Fort Blücher, bei Wesel trocken zu legen. Die Lieferfrist für diese Maschinen war so kurz, daß Dinnendahl es vorzog, sie in England zu kaufen. Die ganze Anlage war nicht nur technisch, sondern auch finanziell ein voller Erfolg.¹⁾

Eine der größten Anlagen, die Dinnendahl ausgeführt hat, fällt in die Jahre 1816 und 1817. Es sollten auf der Zeche Kunstwerk bei Steele zwei Wasserhaltungs- und zwei Fördermaschinen in einem Gebäude vereinigt werden. Auch dieses Werk gelang ihm zur vollsten Zufriedenheit. Mit Stolz konnte Dinnendahl in einer Eingabe an das Oberbergamt darauf hinweisen, daß dieses Werk bis dahin „wenigstens in hiesiger Gegend einzig in seiner Art sei“.

1819 erweiterte Dinnendahl seine Maschinenfabrik durch Bau eigener Gießereien. Bisher hatte er ausschließlich seine Gußstücke von der Gutehoffnungshütte bezogen. Die damaligen Besitzer der Gutehoffnungshütte, Jacobi Haniel und Huysen, hatten, inzwischen auch von der großen Bedeutung der Dampfmaschine überzeugt, beschlossen, den Bau dieser zukunftsreichen Kraftmaschine selbst energisch aufzunehmen. Damit traten die bisherigen Geschäftsfreunde in gegenseitigen Wettbewerb.

Im Jahre 1819 wurde unter Leitung des späteren Kommerzienrates Lueg die erste Dampfmaschine auf der Gutehoffnungshütte gebaut, und zwar war es eine doppeltwirkende Gebläsemaschine von 18 Zoll (471 mm) Durchmesser, die für eigenen Bedarf bestimmt war. Die Leitung dieser neuen Abteilung wurde dem kgl. Maschineninspektor Merker übertragen, der wieder unter Holtzhausen in Oberschlesien sich seine Kenntnis des Dampfmaschinenbaus erworben hatte; so sind auch hier noch die Beziehungen zwischen dem oberschlesischen und dem westfälischen Maschinenbau nachweisbar.

Die erste Ankündigung des neu aufgenommenen, heute so hochbedeutenden Fabrikationszweiges der Hütte erfolgte im Juli 1820 und lautete:

„Die Bergwerks-, Hütten-, Hammer- und Fabriken-Besitzer werden hierdurch benachrichtigt, daß auf der Guten-Hoffnungs-Eisenhütte eine Werkstatt errichtet ist, worin Dampf- und Gebläse-Maschinen von jeder Dimension, nicht allein für Berg-, Hütten- und Hammer-Werke, sondern auch für Spinnereyen, Walk-, Oehl- und Mahlmühlen, sowie für andere Gewerbe verfertigt werden. Die Direktion dieses Geschäftes übernimmt mit Genehmigung der königlich Preußischen hohen Ober-Berg-Behörden, der Königliche Maschinen-Inspektor, Herr Merker, welcher von nun an hier domiziliert ist.

¹⁾ Auch an den Entwürfen für die Trockenlegung des Haarlemer Meeres hat sich Dinnendahl eifrigst beteiligt. s. Beiträge z. Gesch. der Stadt und Stift Essen, wo ich die in Frage kommenden Aktenstücke veröffentlicht habe.

Allen, die uns ihr Zutrauen schenken und Bestellungen aufgeben wollen, versprechen wir eine gute, kontraktmäßige Bedienung, und verlangen erst dann, wenn die Maschine drei Wochen im Gange ist, die erste Hälfte des übereingekommenen Kaufschillings, drei Monate später die Hälfte des Rückstandes und den Rest, nachdem die Maschine fünf Monate im Gange sein wird.

Gute Hoffnungs-Eisenhütte bei Dorsten, oder
Mülheim an der Ruhr, den 22. Juli 1820.

Die Interessenten
der Maschinenfabrik daselbst.“

Dinnendahl sah sich demzufolge veranlaßt, gemeinschaftlich mit seinem Bruder Johann in Mülheim a. d. Ruhr und zu Huttrop bei Steele Gießereien anzulegen. Aus der ersteren ist später die heutige Friedrich Wilhelms-Hütte hervorgegangen. Interessant ist die erste öffentliche Ankündigung:

„So wie wir seit ungefähr zwanzig Jahren unsere Dampfmaschinen-Fabrik unabhängig und mit voller Selbstständigkeit betrieben haben, so werden wir dieselbe nunmehr in einem um so vollkommeneren Zustande fortsetzen, da wir eigene Eisenschmelzen bei Essen an der Ruhr, unmittelbar bei der Spillenburg, und zu Mülheim angelegt und solche so eingerichtet haben, daß wir, statt der aus Rasenerzen hiesiger Gegend gegossenen Eisen-theile, deren wir uns bisher gleichsam aus Noth bedienen mußten, auf unsern eigenen Fabriken aus Eisen von Berg-Erzen vom Oberrhein und Siegen, gegossene Maschinentheile liefern können. Bergwerks- und Fabrik-Besitzern können wir uns demnach um so mehr empfehlen, da wir alle und jede Dampfmaschinen-Theile, so wie auch zu Cylindergebläsen, Walzwerken etc. von ein Viertel Pfund bis zu 12—14000 Pfund in einem Gusse, nach jedem beliebigen Modell oder Zeichnung, rein und schön abzugießen und zu liefern im Stande sind. Aber nicht bloß einzelne Maschinen-Theile nach allen Größen und Formen, sondern auch alle Arten von Maschinen selbst, deren Zweck uns angegeben, und deren Konstruktion uns überlassen wird, werden wir zur vollen Zufriedenheit, in sehr billigen Preisen und unter sehr annehmlchen Bedingungen und Zahlungsfristen liefern, es mögen dieselben nun zum Wasserwältigen, Erz- oder Kohlenfördern auf Bergwerken, oder zum Betriebe von Spinnereien, Walz- und Hammer-Werken, Mahl-, Oel-, Schneide- oder jeder Art von Mühlen gebraucht werden sollen.

Essen und Mülheim an der Ruhr den 25. July 1820.

Gebrüder Dinnendahl, Mechaniker.“

Als 1821 die Fabrik in Essen durch Feuer zerstört wurde, vereinigte sie Dinnendahl mit der Gießerei zu Huttrop.

Dinnendahl, der es vom armen Müllerssohn bis zum reichen Fabrikanten, der damals einen Krupp bedeutend übertraf, gebracht hatte, war es nicht beschieden, die erreichte Höhe zu behaupten. Er hatte sich in sehr

gewagte Bergwerksunternehmungen, die fehlschlugen, eingelassen; auch der Wettbewerb im Maschinenbau war größer geworden. So mußte er sehen, wie das durch rastlose Arbeit erworbene Vermögen wieder verloren ging. Er besaß nicht mehr die körperliche und geistige Widerstandskraft, um den Kampf mit vollständiger Armut von neuem aufzunehmen. Am 25. August 1826 starb Franz Dinnendahl im Alter von erst 51 Jahren. Auf dem Kirchhof der Gemeinde Rellinghausen bei Steele bezeichnet ein von seiner Familie errichtetes Denkmal seine letzte Ruhestätte.¹⁾

Im sächsischen Bezirk war als hervorragender Erbauer von Dampfmaschinen Christian Friedrich Brendel²⁾ tätig, der als blutarmer Bergmannssohn 1776 im sächsischen Erzgebirge geboren war. Mit größter Energie, unterstützt von Männern, die seine Bedeutung erkannten, setzte er seine Ausbildung durch; schließlich wurde ihm das ganze sächsische Maschinenwesen unterstellt. Brendel wurde von der Regierung auch auf eine jahrelange Studienreise nach Frankreich, Belgien und England geschickt. Von ihm rühren viele hervorragende Dampfmaschinenkonstruktionen her.

¹⁾ Der historische Verein zu Essen hat in dankenswerter Weise das Andenken Franz Dinnendahls dadurch geehrt, daß er 1904 eine in künstlerischer Weise mit seinem Bilde geschmückte Gedenktafel in Essen, am sog. Marlshof in der dritten Hagenstraße, wo die Dinnendahlschen Werkstätten standen, anbringen ließ. Der Name Dinnendahl ist heute noch durch seine Nachfolger, die Firma R. W. Dinnendahl A.-G. in Kunstwerkerhütte bei Steele a. d. Ruhr der Industrie wohlbekannt.

²⁾ Christian Friedrich Brendel, geboren am 26. Dezember 1776 zu Neustädte im sächsischen Erzgebirge, kam 1797 zur Bergakademie nach Freiberg, wo er sich, da sein kleines Stipendium nicht ausreichte, noch nebenbei durch Bergarbeit seinen Unterhalt verdienen mußte. Nach dreijährigen Studien arbeitete er als Steiger auf mehreren Gruben und wurde hiernach von der Regierung auf eine über zwei Jahre währende Studienreise nach England gesandt, wo er eingehende Kenntnisse des Maschinenbaues erwarb. 1811 auf der Saline Dürrenberg als Kunstmeister angestellt, übernahm er 1814 in Freiberg die Leitung des Bergmaschinenwesens.

Von Bückling und Holzhausen hochgeschätzt, erhielt er von der preußischen Regierung eine sehr annehmbare Stellung angeboten. Er zog es aber vor, in Sachsen zu bleiben, wo ihm als Maschinendirektor 1817 das ganze sächsische Maschinenwesen unterstellt wurde. 1851 trat er in den Ruhestand. Nach einem an Arbeit und Erfolgen reichen Berufsleben war es ihm vergönnt, noch 10 Jahre in voller Geistesfrische still zurückgezogen, wie es seinem in sich abgeschlossenen, bescheidenen Charakter entsprach, zu verleben. Er starb am 20. November 1861 in Freiberg. Eine einfache Gedenktafel schmückt sein Haus.

[Herrn Bergamtsrat Wappler in Freiberg ist es geglückt, den dreibändigen Bericht über Brendels Studienreisen im bergamtlichen Rißarchiv nebst Zeichnungen wieder aufzufinden. Eine Anzahl Briefe, sowie ein vergilbtes Lichtbild, das auch dem Bilde Brendels als Vorlage gedient hat, sind von Frl. W. P. Brendel Hr. Wappler zur Verfügung gestellt worden. Leider ist es mir, da dieser Teil meiner Arbeit bereits im Druck war, nicht mehr möglich gewesen, dieses Material ausgiebig zu benutzen. Wie geschichtlich wertvoll die Briefe und vor allem der Reisebericht sein muß, läßt ein überaus interessanter Aufsatz von Wappler in den Mitteilungen des Freiburger Altertumsvereins 1906, Heft 41, betitelt: Oberbergh. von Trebra und die drei ersten sächsischen Kunstmeister, Mende, Baldauf und Brendel, erkennen.]



Christian Friedrich Brendel

geb. 26. Dez. 1776, gest. 20. Nov. 1861

Die Maschinen der alten Kunstmeister dienten ausschließlich dem Bergwerks- und Hüttenbetrieb. Die meisten waren Wasserhaltungsmaschinen, die zur Aufrechterhaltung des ganzen Betriebes notwendig waren, deren Vervollkommnung man sich deshalb ganz besonders angelegen sein ließ. An zweiter Stelle kamen Fördermaschinen, die noch vielfach gleichzeitig der Wasserhaltung dienten, sei es, daß mit einem besonderen Gestänge Pumpen getrieben, oder daß mit den angehängten Fördertonnen auch abwechselnd noch Wasser geschöpft wurde. Ausnahmsweise wurde auch schon eine Dampfmaschine zum Antrieb eines Gebläses verwendet. Betriebsmaschinen für die schon vielfach bestehenden Fabriken: Spinnereien, Mühlen, Papierfabriken usw., fehlten noch ganz.

Hier setzte wieder die preußische Regierung energisch mit ihren Bestrebungen, Industrie und Gewerbe zu fördern, ein. Vor allem höchst interessant läßt sich dies in der Hauptstadt des Reiches, in Berlin, verfolgen. Hier gab man sich ganz besonders Mühe, Dampfmaschinen anzuwenden und den Dampfmaschinenbau zu begründen.

Die erste Betriebsmaschine Deutschlands hat in Berlin gestanden; sie wurde von dem Engländer Baildon, der zur Einrichtung der Königshütte nach Oberschlesien gekommen war, in Gleiwitz erbaut und hat von 1800 bis 1824 in der Königlichen Porzellan-Manufaktur zu Berlin in dauern- dem, sehr angestrengtem Betrieb gestanden. Dann hat man sie meistbietend für 1000 Taler nach Breslau zum Wasserheben verkauft. Schon 1788 war ein Entwurf für diese Anlage ausgearbeitet worden; man hatte sich an Watt und andere englische Ingenieure gewandt und vor allem auch rauchlose Verbrennung verlangt. Watt schrieb 1791, daß er die Maschine mit auf die Zerstörung des Rauches einrichten werde, und ferner, daß eine Maschine, genannt „Gouverneur“, die die Anzahl der Hübe, welche die Maschine tun solle, bestimme, in den Preis nicht mit einbegriffen sei, sie koste ungefähr 10 £, „ist aber nicht sehr nötig, wo der Maschinenmeister gehörig aufmerksam ist“. Auch eine rotierende Maschine wird angeboten. Als aber diese Pläne der Öffentlichkeit bekannt wurden, da erhob sich ein Sturm der Entrüstung. Ein Freiherr von der Reck war der Sprecher. Nachdem er ausgeführt, daß sich die Steinkohlenfeuerung glücklicherweise in den Wohnungen nicht habe einführen lassen, fährt er fort: „Jetzt soll eine Tag und Nacht durch Steinkohlen betriebene Dampfmaschine angelegt werden; und wer vermag vorausszusehen, was der Geist der Erfindungen und der sich täglich häufenden Entdeckungen und Feuerarbeiten noch an die Hand geben möchte.“ Entrüstet fragt er, ob es wohl billig sei, Gesundheit und Leben durch die ununterbrochenen und abscheulichen Ausdünstungen des Steinkohlendunstes zu untergraben, und pathetisch schließt er: „Ich bin es meinem Eigentumsrechte, der Erhaltung der Gesundheit meiner Familie schuldig, alles aufzuwenden, um dieses tötende Ungemach von meinem Hause zu entfernen.“ Verhindert hat es der Freiherr zwar nicht, aber aufgehalten doch 12 Jahre lang.

Doch mit dieser ersten Maschine war der Anfang für die Betätigung des privaten Kapitals, auf welche die Regierung sehr hoffte, noch nicht gegeben. Der Deutsche sah damals mehr oder weniger jede industrielle Kapitalanlage für ein Lotteriespiel an und hielt es für viel klüger, sein Geld in den unsichersten Staats- und anderen Papieren anzulegen, wenn diese nur hohe Zinsen versprochen. Die preußische Regierung mußte daher noch weitere Schritte tun. 1812 stellte der Minister fest, daß es in ganz Preußen außer der Maschine in der Berliner Porzellanfabrik und einer kleinen Maschine in der Leinwandweberei von Alberti zu Waldenburg keine weiteren Betriebsmaschinen gab.

„Der mangelhafte Zustand,“ heißt es in einem Erlaß des Ministers, „in welchem sich unsere Fabriken in Absicht der Kraft zum Betrieb ihrer Maschinen befinden, hat uns veranlaßt, ein Muster aufzustellen, wie mit Hilfe einer zweckmäßig angeordneten Dampfmaschine eine größere Wirkung mit minderen Kosten hervorgebracht werden kann.“ Es wurde beschlossen, auf Staatskosten drei Maschinen zu bauen und zwei davon Berliner Fabrikanten kostenlos, mit der einzigen Bedingung, daß sie auch benutzt werden, zu überlassen, und Holtzhausen, der schon 1804 das Modell einer Wattschen Betriebsmaschine für die Berliner Bauakademie entworfen hatte, wurde nach Berlin beordert, um Vorschläge zu machen.

An Fabriken, die in Frage kämen, werden aufgeführt: die große Spinnerei von Bernhard in Charlottenburg, die Guiremondsche in der Liniestraße, die Tappertsche Woll- und Baumwollspinnerei in der Holzmarktstraße, die Hildebrandsche Baumwollenfabrik am Schlesischen Tor und die Knopffabrik von Hummel.

Nach langen Verhandlungen zwischen der Regierung und den Besitzern wurde endlich für Tappert und Hummel je eine Maschine bei Holtzhausen in Oberschlesien in Auftrag gegeben. Eine dritte Maschine von 8 Zoll — die beiden anderen hatten 12 und 16 Zoll Zylinderdurchmesser — sollte zur Belehrung des Publikums in der Königlichen Eisengießerei aufgestellt werden.

Die Fabrikanten verlangten aber, ehe sie sich eine Maschine schenken ließen, noch sehr genaue Angaben über die Betriebskosten; denn es schien ihnen durchaus noch nicht ganz klar zu sein, daß sie mit der Dampfmaschine billiger arbeiten sollten als mit ihrem Pferdegöpel. Zur Bestimmung der Betriebskosten mußte man den Kraftbedarf kennen. In den bestehenden Fabriken wurden sorgfältige Beobachtungen angestellt, Versuche gemacht, und dann ging es an ein fröhliches Schätzen, was denn auch in der Folge zu überraschenden Ergebnissen führte. Holtzhausen gab inzwischen die Gußteile in Malapane in Bestellung und mußte sich über die mangelhafte Ausführung sehr ärgern; denn nur unwillig ging die Gießerei an die Arbeit, weil sie ausschließlich nach dem Gewicht mit demselben Preis, den sie für große Gußstücke erhielt, bezahlt wurde und deshalb natürlich wenig oder gar nichts verdiente.

Inzwischen war aus Gravenhorst in Westfalen der Hüttenfaktor Schmahel nach Berlin gekommen und hatte sich der Regierung zum Anfertigen von Dampfmaschinen neuester Konstruktion angeboten. Es war sehr verlockend, die geplanten Maschinen auch in Berlin, und zwar in der Königlichen Eisengießerei, zu bauen, um so auch den Dampfmaschinenbau nach der Hauptstadt zu verpflanzen. Obwohl Schmahel nur eine Maschine, die er gebaut hatte, anführen konnte, so entschloß man sich doch, ihm den Bau der Maschinen für Tappert und Hummel zu übertragen.

Währenddessen wurden auch die Verträge mit den beiden Fabrikanten abgeschlossen. Danach übernahm der Staat alle Kosten, die sich auf Dampfmaschine und Kessel bezogen; von den Fabrikanten wurde nur verlangt, das Maschinenhaus zu stellen. Die Maschinen sollten nach dreijähriger zweckmäßiger Benutzung in das Eigentum der Fabrikanten übergehen. Auch mit der letzteren Bedingung, daß sie „erst“ nach 3 Jahren Besitzer der Maschinen sein sollen, erklärten sie sich einverstanden.

Zwei Jahre waren indes vergangen, bis die genaue Bestellung und Ausführung erfolgen konnte. Vorher unterrichtete man sich noch sehr sorgfältig über die neuesten Konstruktionen in England und verschaffte sich auch ausführliche Zeichnungen von neuen ausländischen Dampfmaschinen, die in Petersburg in Betrieb gekommen waren. Die 16zöllige Dampfmaschine für Tappert wurde zuerst in Angriff genommen. Besondere Sorge machte die Kolbenstange; man mußte sie in Neustadt-Eberswalde anfertigen lassen, und abdrehen mußte sie der Herr Maschinenbaumeister selber. Der Kessel sollte die alte Teekesselform erhalten und aus Schmiedeeisen mit gußeiserner kugelförmiger Haube, die man in Berlin gießen wollte, bestehen. Der untere Teil wurde in Schönebeck auf der mit den kgl. Salinen verbundenen Werkstatt bestellt. Die Bleche werden in Thale nach besonderen Modellen ausgeschmiedet, und um eine „gute“ Ware zu haben, wurden von der Saline alte Pfannenbleche, die sich in längerem Betrieb bewährt hatten, mitgesandt. Darauf wurde auch die kleine Maschine für Hummel, der es übernommen hatte, einen Teil der Schmiedearbeiten selbst anzufertigen, ausgeführt. Beide Maschinen konnten Anfang 1815 dem Betrieb übergeben werden. Sie entsprachen aber durchaus nicht den Erwartungen, da sie gewöhnlich überhaupt nicht in Betrieb zu bekommen waren, oder, wenn sie kurze Zeit gingen, nicht die verlangte Leistung erzielten. Genaue Erhebungen über die Maschinen wurden 1816 zu Protokoll genommen und zeigten, daß die Klagen der Maschinenbesitzer nur zu berechtigt waren. Bei der Tappertschen Maschine war gleich zu Anfang der gußeiserne Balancier gebrochen, Steuerung, Kondensator und Luftpumpe mußten verändert werden. Darüber waren fast $\frac{3}{4}$ Jahre vergangen. Wenn die Maschine auch jetzt mehrere Tage in Gang gehalten werden konnte, so ging sie doch mit solcher Ungleichmäßigkeit, daß eine Person unausgesetzt die „Dämpfe regulieren“ mußte; oft aber blieb auch die Maschine stehen, weil die Kessel nicht soviel Dampf lieferten, wie die Maschine verbrauchte.

Tapperts Gesuch um eine brauchbare Maschine ließ sich nicht abweisen. Die mißlungene erste Maschine kam ins alte Eisen; bei der neuen Maschine verzichtete man darauf, sie in Berlin anzufertigen, bezog sie vielmehr aus London. Mit der Hummelschen Maschine ging es noch schlechter; der Bericht sagt, „daß die Maschine nicht viel mehr Kraft besitzt, als sich selbst in Bewegung zu setzen, und daß sie selbst bei Anbringung eines geringen Widerstandes nicht regelmäßig fortgeht, und nach fünf oder zehn Minuten von selbst in den Stillstand kommt“.

Inzwischen waren mehrere englische Maschinen nach Berlin gekommen. Bemerkenswert ist, daß in der Berliner Wollspinnerei von Cockerill bereits 1815 eine Woolfsche Maschine in Betrieb war, die man aber so geheim hielt, daß sie von den Beamten der Eisengießerei für ihre Studien nicht benutzt werden konnte.

Bedeuteten somit die ersten Maschinen, die der Staat in seiner Gießerei hatte bauen lassen, einen Mißerfolg, so wurde es mit um so mehr Freude von der Regierung aufgenommen, daß ein Mechaniker Georg Christian Freund jetzt selbst, anfang, Dampfmaschinen zu bauen, die sich auf das beste bewährten.

Freund war 1793 zu Uthlede an der unteren Weser geboren und hatte bei einem Onkel in Kopenhagen die Lehre als Mechaniker durchgemacht. Als junger Maschinenbauer kam er an die Königl. Münze nach Berlin und lernte hier den Geheimrat Pistor kennen, der sich schon seit längerem vergeblich abmühte, das Modell einer Dampfmaschine zustande zu bringen. Der geschickte Mechaniker gefiel ihm, und so entstand auf dem Grundstück: jetzt Mauerstraße 34, die erste Dampfmaschinenfabrik Berlins. Neben dem Bau der Dampfmaschinen wurden noch Brillengläser geschliffen! Die Oberflächenkondensation und die Anwendung eines besonderen Expansionsorganes, das, als Friendscher Sparhahn bezeichnet, zu den ersten überhaupt in Verwendung gekommenen Expansionssteuerungen gehört, begründeten den Ruf des jungen Fabrikanten. Das Geschäft dehnte sich zusehends aus; da ereilte 1819 unerwartet den 26jährigen Ingenieur auf einer Geschäftsreise nach Oberschlesien in Gleiwitz der Tod. Sein Bruder Julius Conrad Freund übernahm die Firma, und der 18jährige Jüngling brachte es fertig, das Geschäft mit den gleichen Erfolgen, mit denen es sein Bruder begonnen, auch weiterzuführen.¹⁾

Schon anfangs der 20er Jahre konnte er in seiner Preisliste 21 Maschinengrößen aufführen, die sich der Leistung nach von 1 bis 40 PS abstufte. Er baute außer Wattschen Niederdruckmaschinen der gewöhnlichsten Bau-

¹⁾ 52 Jahre lang hat er es durch alle Krisen gesteuert. 1871 wurde die Fabrik Aktiengesellschaft. Bild und Angaben verdanke ich Hrn. Dr. G. Freund, Berlin. Die erste Maschine, die etwa 1816 aus der Friendschen Fabrik hervorgegangen ist, war bei Hensel & Schuhmann in der Lyoner Gold- und Silbermanufaktur aufgestellt und hat bis 1902 ihre Dienste verrichtet. Jetzt hat sie in der Fabrik, aus der sie hervorgegangen ist, ein wohlverdientes Ruheplätzchen gefunden.



J. C. Freund

geb. 1801, gest. 1871

art auch Dampfmaschinen seiner eigenen Konstruktion, bei denen er etwas höheren Dampfdruck und Expansion bereits benutzte. Eine 40 pferdige Maschine dieses Systems verkaufte er für 13 100 bis 14 500 Rtlr.¹⁾

Auch an anderen Orten der preußischen Monarchie begann es sich jetzt mehr und mehr zu regen, und Versuche, Dampfmaschinen anzuwenden, wurden etwas häufiger. Aus Königsberg schrieb ein Pastor als Vertrauensmann eines Unternehmers nach Oberschlesien an Holtzhausen, um zu erfahren, was er wohl für Dampfmaschinen bezahlen müsse, und in Waldenburg in Schlesien begründete man bereits 1816 eine Dampfmühlengesellschaft. Die Unternehmer wandten sich um die Erlaubnis, sie einzurichten, und zugleich auch mit der Bitte, sie entsprechend zu unterstützen, an das Ministerium in Berlin.²⁾

Interessant sind die Vorteile, die sie für ihr Unternehmen anführten: Eine Dampfmaschine würde immer die andere nach sich ziehen. Der Kohlenbergbau würde gewinnen usw. Der dritte Punkt ist sozialpolitischer Natur, da heißt es in der Eingabe: „Wie sehr die Waldenburger Knappschafft durch die enormen Betrügereyen der Bäcker und Müller leiden, ist Euer Hochwohlgeboren gewiß sehr gut bekannt. Entsteht aber durch die intendirte Mahl- und Backanstalt eine so bedeutende Konkurrenz, so müssen sich namentlich die Bergleute weit besser befinden.“

Bemerkenswert ist es auch, daß sie bereits mit dem Mangel an Arbeitern, von dem sie voraussahen, daß er bei der immer wachsenden Industrie noch größer werden müsse, ihre Anlage begründen wollten.

„Es äußert aber keine Maschine soviel Kraft und keine kann mannigfacher angewendet werden, als die Dampfmaschine.“

„Es ist also sehr zu wünschen,“ fahren sie fort, „statt die Engländer in dem erstaunenswerten Gebrauch der Dampfmaschinen zu bewundern, sie vielmehr so viel als möglich nachzuahmen.“³⁾

Kennzeichnend für die Zeitumstände ist dann vor allem die Reihe der Vergünstigungen, die sie sich von der Regierung erbitten. Da soll die Regierung ihnen ein Patent für die ganzen preußischen Staaten gnädigst erteilen. „Nach Inhalt dessen, ohne unsere Einwilligung niemand anderes in jenem Zeitraum eine dergleichen Anlage machen dürfte.“ Ferner bitten sie dringend, daß alle der Ausführung sich etwa entgegenstellenden Schwierigkeiten und Einsprüche recht schnell und ohne Weitläufigkeit erledigt werden möchten. Dann soll dem Oberbergrat von Charpenter erlaubt werden, die ganze Anlage zu entwerfen und sie auszuführen. Auch andere

¹⁾ s. Severin, Beiträge, Berlin 1826, S. 324.

²⁾ s. Akten D. 3 Sect. No. 2 des Ministeriums für Handel und Gewerbe, Berlin, denen ich die meisten Angaben über die ersten Dampfmaschinen in Preußen habe entnehmen können.

³⁾ Sie vergessen sogar nicht anzuführen, daß Dampfmühlen besonders für Festungen sehr zweckmäßig wären, weil diesen, wenn dieselben Wassermühlen hätten, leicht die Betriebskraft abgeschnitten werden könnte.

königliche Bergbeamten bitten sie zur Ausführung mit heranziehen zu dürfen. Ferner wollen sie gleichzeitig, mit ihrer Dampf-mühle einen Mehlausschank, eine Bäckerei und Branntweinbrennerei, nebst Ausspann-Gerechtigkeit errichten, „da nur die Vereinigung dieser verschiedenen Gewerbe den von der Hauptanstalt zu erwartenden Erfolg als sicher garantieren kann“.

Der Westen der Monarchie, heute besonders berühmt durch seine riesige Industrie, war damals noch weit zurück gegenüber dem Osten. Preußens westliche Hälfte war politisch sehr zusammen gewürfelt, ohne Zusammenhalt, von anderen Staaten noch vielfach durchsetzt. Viele Zollschränken hinderten noch sehr den Verkehr. Die napoleonischen Kriege hatten mit dem fortwährenden Durchzug von Truppen usw. Handel und Gewerbe noch weniger aufkommen lassen als im Osten. Der General-Gouverneur vom Nieder- und Mittelrhein, der als früherer Leiter des Gewerbewesens den Stand der ostdeutschen Industrie genau kannte, war deshalb 1814 von seiner ersten Rundreise wenig erbaut; er schrieb damals nach Berlin, er habe sich überzeugt, „wie weit man hier sowohl in Bergwerken als in Fabriken mit dem Maschinenwesen noch zurück ist; indem alles durch einen ungeheuern Aufwand an Kosten und Kraft durch Wasser oder Pferde betrieben wird, und selbst die hier und da vorhandenen Feuermaschinen so ganz noch nach alter Art sind, daß sie mit den unsrigen in gar keinen Vergleich gebracht werden können.“

Er mußte sich aus Berlin genaue Zeichnungen und Pläne kommen lassen. Immerhin begann jetzt auch hier die Industrie wesentliche Fortschritte zu machen.

Im Aachener Bezirk gründete der Vater von Franz Reuleaux,¹⁾ dessen Vorfahren aus der Gegend von Lüttich als Wasserbauer nach Deutschland gekommen waren, in Verbindung mit Englerth und einem englischen Monteur Dobs die erste Dampfmaschinenfabrik, die für den Bergbau und für die damals schon sehr blühende Aachener Tuchfabrikation eine große Zahl von Dampfmaschinen ausführte.²⁾ Für den preußischen Bergbau hatten sie bis 1825 10 Maschinen mit zusammen 175 PS geliefert, außerdem bis 1826 10 Betriebsmaschinen in Größen von 3 bis 16 PS für Tuchfabriken in Aachen, Eupen und Düren. Die Preisliste dieser ersten Aachener Dampfmaschinenfabrik umfaßt 19 Größenklassen der Maschinen von 2 bis 100 PS. Die 100pferdige Maschine (58 Zoll engl. Zylinderdurchmesser) sollte frei Köln 19230 Rthlr. kosten, die 40pferdige 10510 Rthlr.³⁾

In Aachen hat auch eine der ersten Dampfkesselfabriken des Kontinents gestanden. Sie wurde in Weiden bei Aachen 1814 durch Jacques

¹⁾ geb. 1829, gest. 1905, von 1864 bis 1896 Prof. an der Techn. Hochschule zu Berlin.

²⁾ In einem Bericht des Oberbergamts Bonn heißt es mit Bezug auf eine 36zöllige Wattsche Maschine: „Diese baut der Englerth'sche Kunstmeister Reuleaux, ein junger geschickter Mann, der schon mehrere dergleichen Bauten ausgeführt hat.“

³⁾ s. Severin, Beiträge, Berlin 1826, S. 326.

Piedboeuf, den Begründer der Firma, die heute zu den bedeutendsten Kesselfabriken zu rechnen ist, errichtet.¹⁾

In Magdeburg begann ebenfalls schon in den 20er Jahren der Mechaniker Aston mit dem Dampfmaschinenbau. Zu den oberschlesischen Dampfmaschinenbauern dieser Zeit gehörte noch Schottelius.

Die Wirksamkeit Franz Dinnendahls in Essen und das Entstehen der Gutehoffnungshütte, die immer größere Bedeutung für den westfälischen Maschinenbau gewann, ist bereits erwähnt worden. Der Bruder Dinnendahls, Johann, gründete die Friedrich-Wilhelmshütte in Mülheim an der Ruhr, in der er bis 1825 bereits 20 Dampfmaschinen, darunter eine Gebläsemaschine erbaute. Auch hier ist aus dem bescheidenen Samenkorn ein mächtiger Baum erwachsen. Die Friedrich-Wilhelmshütte gehört heute zu den besonders für Berg- und Hüttenwesen wichtigsten Dampfmaschinenfabriken. Die Brüder Dinnendahls waren es auch, die den Dampfmaschinenbau in der Prinz Rudolphütte und in der Isselburger Hütte einführten. Vor allem aber gewann für die Entwicklung des Maschinenbaues hervorragende Bedeutung Friedrich Harkort,²⁾ der mit seinem Schwager Kamp die Firma Kamp & Co., jetzt Märkische Maschinenbauanstalt in Wetter a. d. Ruhr ins Leben rief.³⁾

Diese Gründung gewann für den deutschen Maschinenbau eine besonders große Bedeutung, weil Harkort zuerst in größerem Maßstabe den englischen Maschinenbau durch Arbeiter und Ingenieure, die er mit großen Kosten und Schwierigkeiten herüberholte, in Deutschland einführte.

Harkort war 1819 selbst nach England gegangen, und nur weil er viel versprach und schließlich auch Leute nahm, denen der Boden im eigenen Vaterlande zu heiß geworden war, konnte er sein Ziel erreichen. „Ich habe damals verschiedene meiner Engländer“, pflegte er zu äußern, „sozusagen vom Galgen herunterschneiden müssen, um nur überhaupt welche zu bekommen.“ Harkort kannte keine Geheimniskrämerei; selbstlos zeigte er allen seine Fabrik, verlieh sogar Werkzeuge und Zeichnungen und stellte ab und zu auch seine englischen Arbeiter anderen zur Einrichtung neuer Fabrikationszweige zur Verfügung. Zum Geschäftsmann war er nicht ge-

¹⁾ s. Festschrift des Aachener Bezirksvereins deutscher Ingenieure 1895.

²⁾ Friedrich Harkort, am 22. Februar 1793 geboren, war bei den verschiedensten technischen Unternehmungen hervorragend tätig. Mit weitem Blick erkannte er frühzeitig die große Bedeutung der Dampfmaschine für den Verkehr; so wurde er zum Vorkämpfer der Eisenbahnen; er suchte auch eine Rhein-See-Schifffahrt und mit Matthias Stinnes eine Dampfschleppschifffahrt auf dem Rhein zu begründen.

Seine hervorragende Tätigkeit auf volkswirtschaftlichem und politischem Gebiet wird eingehend gewürdigt in dem Werk: „Der alte Harkort, ein westfälisches Lebens- und Zeitbild“, von L. Berger, Leipzig 1891. Harkort starb am 6. März 1880.

³⁾ Diese Maschinenfabrik hat dann besonders von den 40er Jahren ab begonnen, durch eine große Anzahl maßgebender Konstruktionen den deutschen Dampfmaschinenbau zu beeinflussen. Sehr verdient um die große technische Entwicklung der Fabrik machte sich Alfred Trappen, der über ein halbes Jahrhundert der Firma angehört hat.

boren. „Mich hat die Natur zum Anregen geschaffen, nicht zum Ausbeuten,“ äußerte er auf die Vorwürfe seiner Verwandten.

Von Wetter kamen die ersten Dampfmaschinen nach Elberfeld und Barmen. In Wetter wurde auch die erste doppelwirkende Dampfmaschine bis zu 100 PS hergestellt. Auch in Berlin am Monbijouplatz gründete Harkort eine Filiale. 1822 wurde seine Maschinenfabrik in der Staatszeitung als eine der merkwürdigsten und bewundernswertesten Anstalten in Deutschland besprochen.

Die unermüdliche Arbeit aller Männer, die von der Bedeutung der Dampfmaschine überzeugt, sie überall zu fördern suchten, begann Früchte zu tragen. Der Unternehmungsgeist begann, wenn auch erst vereinzelt und oft noch sehr bescheiden, sich doch zu regen. Aber noch immer blieb den Männern, die von Staats wegen für die Entwicklung von Handel und Gewerbe zu sorgen hatten, genügend Arbeit, und es war ein Glück, daß auch nach einem von Heinitz und von Reden, es zu dieser Zeit der preußischen Regierung nicht an Männern fehlte, die nicht müde wurden, mit hohem Pflichtgefühl die zarte Pflanze der heimatlichen Industrie und Gewerbetätigkeit zu pflegen.

Zu denen, die hier am erfolgreichsten gewirkt haben, gehört Peter Christoph Wilhelm Beuth, der, am 28. Dezember 1781 zu Cleve geboren, in rascher Laufbahn zu den obersten Beamtenstellen Preußens emporrückte. 1818 wurde ihm die Abteilung für Handel und Gewerbe, die damals auch noch das ganze Bauwesen umfaßte, unterstellt und damit begann der wichtigste Abschnitt seiner Lebensarbeit. In umfassendster Weise suchte er in jeder Form die Industrie zu fördern. „Denen aber, die unfähig oder träge, die dargebotenen Mittel nicht benutzen wollen, und vom Zufalle erwarten, daß er sie hebe, kann ich nur die Worte eines Staatsministers in Toskana wiederholen: Krankheiten theilen sich leider von Volk zu Volk mit, aber Wohlfahrt ist nicht ansteckend“; so schrieb Beuth 1824.¹⁾ Er selbst machte ausgedehnte Reisen nach Frankreich und England und suchte überall vorteilhafte Verbindungen anzuknüpfen. Trotz aller Ausfuhrverbote Englands verstand er es doch, immer wieder die neuesten Maschinen nach Berlin zu schaffen. Um die Aufmerksamkeit der Zollbehörden abzulenken, wurden sie gewöhnlich in Einzelteilen verschickt, die auf ganz verschiedenen Wegen schließlich in Berlin eintrafen. Hier wurden sie in der staatlichen Werkstatt zusammengesetzt und die Maschinen eingehend versucht. Man ließ nach ihnen Zeichnungen für die Maschinenfabriken herstellen oder verlieh die Maschinen selbst probeweise, öfters wurden sie auch verschenkt oder doch zu sehr geringen Preisen abgegeben. Berichte über neue Maschinen oder Arbeitsverfahren wurden vervielfältigt und verbreitet.

1820 gründete Beuth auch den ersten großen gewerblichen Verein, der nach französischem Muster den kennzeichnenden Namen „Verein zur Be-

¹⁾ s. Beuth, „Glasgow“, Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbl., Berlin 1824.

förderung des Gewerbefleißes in Preußen“ erhielt. Die Verhandlungen dieses Vereins begannen 1821 zu erscheinen und trugen Anregung und technische Kenntnisse weit ins Land hinaus. Seine Satzungen kennzeichnen ganz besonders den Weg, den Beuth zur Förderung des Gewerbes einschlug. Der im Namen schon angedeutete Zweck des Vereins sollte erreicht werden: „durch Kenntnisnahme von den Zuständen der Gewerksamkeit im In- und Auslande, durch Belohnung bedeutender Erfindungen, Aussetzen von Prämien usw.; Sammlungen von vorzüglichen Produktionen des In- und Auslandes, desgleichen von Modellen, Zeichnungen und Maschinen sollen angelegt werden, und eine Bibliothek gegründet werden.“

Diesen Grundsätzen entsprechend handelte auch Beuth als Leiter der „technischen Deputation für Gewerbe“, von der eine große Anzahl fachwissenschaftlicher Werke, unter anderem 1826 das große Werk von Severin über Dampfmaschinen mit seinen vielen kostbaren Kupfertafeln, herausgegeben worden ist. Gewerbeschulen wurden auch in den Provinzen gegründet, eine Schiffbauschule in Stettin; jungen Männern wurde Gelegenheit gegeben, sich im Auslande umzusehen, um sich dort für ihr Fach weiter auszubilden. So sandte Beuth in den Jahren 1820 und 1825 drei tüchtige Schüler des Gewerbeinstituts nach England und Amerika, damit sie dort vor allem die Dampfmaschinen studieren sollten. In Bromberg wurde dann die erste amerikanische Mühle durch die Königl. Seehandlung gebaut, die aber zuerst für den Export arbeiten mußte, weil die Bäcker nichts von dem Mehl wissen wollten.

Vielseitiges Wissen und schnelle Auffassungsgabe, vereint mit seltener Ausdauer und Arbeitskraft und großer geschäftlicher Gewandtheit machte den seltenen Mann so besonders geeignet, zu einem der ersten Förderer deutscher Industrie zu werden. Welch hohen Wert er der Gewerbetätigkeit beilegte, zeigt sein berühmt gewordenes Wort: „Der Gewerbefleiß ist die Grundlage des Reichthums einer Nation, und da wahrer Gewerbefleiß nicht ohne Tugend denkbar ist, so ist er auch die Grundlage der nationalen Kraft überhaupt. Wer in einem Lebensverhältnis, welches es sei, stillsteht, der steht nur scheinbar still, die Wahrheit ist, er geht zurück. Es gibt nur Vorschreiten und Rückschreiten im Leben.“¹⁾

¹⁾ Beuth, der auch an der Spitze des in Berlin gegründeten Gewerbeinstitutes stand, übernahm 1830 die Leitung der Bauakademie, s. Z. d. V. d. Ing. 1899, S. 1282, die auch ein Bild Beuths enthält.

1845 setzte sich Beuth zur Ruhe, er wollte jüngeren Kräften Platz machen. Am 27. September 1853 starb er in Berlin. Am 13. Mai 1861 wurde ihm in Berlin vor der Schinkelschen Bauakademie ein Denkmal enthüllt. In den Figuren der Reliefs sind die bedeutendsten Mitarbeiter und Schüler Beuths verewigt. Besonders interessiert hier das zweite Relief rechts, das die Metallbearbeitung darstellt; in der Mitte der Schmiede und Gießerei steht Borsig, neben ihm mit hochgeschwungenem Hammer Egells, links am Rande Wöhlert, im Hintergrund Freund, beide mit Gießen beschäftigt; s. Bericht über die Enthüllung des Denkmals und Rede über die Bedeutung Beuths in Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbfl. in Preußen, Berlin 1861, S. 176.

Beuth war es auch, der einem der Hauptbegründer deutscher Dampfmaschinenindustrie außerordentlich fördernd zur Seite stand. Es war dies F. A. J. Egells, der, am 25. August 1788 zu Rheine in Westfalen geboren, schon als einfacher Schlossergeselle sich durch großes technisches Verständnis auszeichnete. Durch eine von ihm erfundene Windbüchse, die er dem König Friedrich Wilhelm III. vorführte, soll er zuerst die Aufmerksamkeit der preußischen Regierung auf sich gezogen haben. Er vereinigte sich anfangs mit einem Schlosser Uthhoff, um zu Gravenhorst Dampfmaschinen zu bauen. Eine kleine Maschine wurde erbaut und staatliche Unterstützung, um den Dampfmaschinenbau in größerem Maßstabe aufnehmen zu können, nachgesucht. Dazu kam es aber nicht; Uthhoff entschloß sich 1822, Westfalen zu verlassen, „weil die Gegend zu arm an Fabriken sei und er dauernd nicht bestehen könne.“

Schon vorher hatte sich Egells von ihm getrennt und war nach Berlin gewandert, um dort sein Glück zu versuchen. Es gelang ihm, Zutrauen zu seinen Fähigkeiten und Kenntnissen zu erwecken; man beschloß, ihn auf eine längere Studienreise nach England und Frankreich zu senden.

Er besuchte Paris, London, Manchester, Birmingham und andere Städte und verstand, zu sehen und zu lernen. Angeregt durch die großartige Technik, die er dort kennen gelernt hatte, begann er auch, kaum zurückgekehrt, schon selbständig im Dampfmaschinenbau vorzugehen. Er entwarf eine kleine Maschine, die als Vorgängerin zu der von ihm später besonders ausgebildeten „Bügelmaschine“ anzusehen ist.¹⁾

Von seinen ersten Reisen zurückgekehrt, gründete er 1821 eine Eisengießerei in Berlin, das erste private Unternehmen dieser Art in der Hauptstadt²⁾, das von staatlicher Seite in jeder Weise unterstützt wurde. Es war ein kleiner, sehr bescheidener Anfang jener Werke, die zu so hoher Bedeutung für die deutsche Industrie gelangen sollten. Zwei Drehbänke wurden zunächst für Egells in England bestellt; 1821 konnten sie bereits benutzt werden; in seinem Dankschreiben an den Herrn Minister versicherte er, „daß er nun durch Hilfe dieser Werkzeuge fähig sein werde, Maschinen auf das Vollkommenste auszuführen.“

Seine erste Arbeit war, ein kleines Modell von seiner ersten Patentmaschine auszuführen. Er fuhr damit nach England, um sein Patent dort

¹⁾ Egells bekam in Preußen ein Patent und erhielt auch am 9. November 1821 unter Nr. 4608 ein englisches Patent, s. Dingler p. J. Bd. XIII, Jahrgang 1824, S. 162.

Egells wohnte zuerst in Berlin Mühlenstrasse 59. 1824 unterzeichnet er dann Lindenstraße No, 81. Er starb, nachdem er kurze Zeit von einem Lungenleiden gequält wurde, am 39. Juli 1854 auf Egellshütte in Reinerz.

[Die Unterlagen für das Bild von Egells sowie die Mitteilungen über seine Person verdanke ich Herrn Geh. Medizinalrat Dr. v. Renvers, Berlin und seinen Verwandten in Schweidnitz. Die letzteren hatten die Güte, mir das erste Kopierbuch von Egells zur Verfügung zu stellen.]

²⁾ Die Königl. Eisengießerei war 1803 bereits begründet worden.



F. A. J. Egells
geb. 1788, gest. 1854

vorteilhaft zu verkaufen. „Wenn ich glücklich in dieser Spekulation sein sollte,“ — schrieb er am 5. August 1821 an den Oberpräsidenten — „so würde es mir möglich sein, mein Etablissement hier besser zu begründen.“ Aber viel Erfolg scheint er nicht gehabt zu haben; nach Berlin zurückgekehrt, wurde er zum Minister v. Bülow beordert, der über sein langes Ausbleiben schon unzufrieden sich geäußert hatte. Egells setzte ihm auseinander, wie außerordentlich viel er bei dieser zweiten Reise in Frankreich und England für seinen Beruf gelernt habe. Der Minister entließ ihn mit dem Versprechen, auch weiterhin alles für ihn tun zu wollen, er solle nur mit den angefangenen Geschäften nun auch vorwärts kommen.

Mit dem Dampfmaschinenbau war es anfangs noch nicht weit her. Es mußte ausgeführt werden, was bestellt wurde. 1824 baute Egells als erstes größeres Stück eine hydraulische Presse. Die 100 Taler Modellkosten versprach der Staatsminister v. Bülow zu tragen, dann kam eine Trockenmaschine und 1825 auch die erste größere Dampfmaschine von 26 PS für Gebrüder Alberti in Waldenburg in Auftrag.

Durch ein großes technisches Können und unermüdlichen Fleiß gelang es schließlich Egells, alle die großen Schwierigkeiten siegreich zu überwinden und seine Maschinenfabrik zu einer der bedeutendsten in damaliger Zeit emporzubringen, in der auch viele andere große Industrielle sich die Grundlage zu ihrem späteren Fortkommen erworben haben. Die Egellssche Maschinenfabrik wurde so zu einer wichtigen Pflanzstätte für den deutschen Maschinenbau.

Während man so in Preußen schon im Anfang des 19. Jahrhunderts, besonders aber nach den Befreiungskriegen überall mit größtem Eifer voran zu kommen suchte, war in den anderen Staaten Deutschlands noch wenig zu merken. In das Königreich Hannover kam erst 1832 die erste Dampfmaschine, und zwar in das Krankenhaus zu Hannover. 1833 hatte noch keine gewerbliche Anlage des Landes eine Dampfmaschine. Wie weit damals noch die Ansichten der hannöverschen maßgebenden Beamten von denen der preußischen abwichen, kann am besten das Urteil zeigen, das eine hannöversche Behörde noch 1830 über die Einrichtung von gewerblichen Bildungsanstalten aussprach. Danach würden derartige Einrichtungen nur dazu dienen, „den Druck der Not mehr fühlen zu lassen, die Kluft zwischen Würdigkeit und Dürftigkeit mehr zu zeigen, den Gewerbsmann mit seinem Berufe zu entzweien, in welchem er sich durch Beschränktheit glücklich fühle, und ihn mit mehrerer Aufklärung zu einer unheilvollen Wirklichkeit aus der Bewußtlosigkeit eines glücklichen Traumes erwachen zu lassen.“

In Bayern beabsichtigte die Regierung bereits 1792, die Dampfmaschine in den Reichenhallschen Salzwerken zu verwenden. Sie verschrieb sich ein vollständiges Modell einer Wattschen Maschine aus England, das aber nicht zur Verwendung kam, weil man inzwischen die Reichenbachsche Wassersäulenmaschine vorgezogen hatte. Das Modell wurde noch 1816 in der

Bibliothek zu Reichenhall gezeigt. Reichenbach, der zu den bedeutendsten Ingenieuren Deutschlands zu rechnen ist, begann 1803, sich auch mit dem Bau von Dampfmaschinen zu beschäftigen. Reisen nach England hatten ihn die große Bedeutung der neuen Kraftmaschine erkennen lassen. 1803 baute er eine kleine Hochdruck-Expansionsmaschine für die Kgl. Münze, die aber örtlicher Verhältnisse wegen nur kurze Zeit im Betriebe war. 1809 ließ die Regierung von ihm eine „3 menschenkräftige“ Maschine für die Universität in Landshut anfertigen. 1812 sandte Reichenbach eine kleine Maschine nach Paris, die als „ein wahrhaft schönes physikalisches Instrument“ einem dortigen Maschinenbauer die Verbesserungen Reichenbachs veranschaulichen sollte. Sie kam später wieder in den Besitz Reichenbachs und ist vielleicht identisch mit der Modellmaschine der Kgl. Akademie. Die Maschine leistete die Arbeit von 3 Männern „und kann, wenn man will, 150 Hübe in einer Minute machen“.

Besonderes Interesse verdienen die Bemühungen Reichenbachs um die Dampfmaschine auch deshalb, weil er schon 1816 eine Maschine für den Kleingewerbetreibenden im Gegensatz zu „den reichen Particuliers und den großen Fabrikanten“ schaffen wollte. Deshalb stellte er die Bedingungen der billigsten Herstellung, des kleinsten Raumbedarfs und des leichten, völlig gefahrlosen und billigen Betriebes. Um das zu erreichen, verwendete Reichenbach hochgespannten Dampf von 8 bis 10 at, versuchte auch die Kondensation, wählte hohe Umlaufzahlen und wollte das „Zerspringen der Dampfkessel unmöglich machen“. Auch sollte die ganze Maschine bequem ortsveränderlich sein, gegebenenfalls auch auf einem Wagen angeordnet werden können. Das Maschinchen hatte $2\frac{1}{2}$ Zoll Zyl.-Dmr. bei 16 Zoll Hub. Die englischen Versuche mit dem Dampfautomobil legten auch Reichenbach den Wunsch nahe, seine kleine Maschine in dieser Weise dem Verkehr dienstbar zu machen. Hatte er selbst nur die „entferntere Hoffnung“ auf das Gelingen dieser Pläne, so erzählten seine begeisterten Verehrer schon von einem fertigen Automobil, mit dem er in 50 Stunden von München nach Wien fahren würde. Jos. v. Baader, der bayrische Oberbergrat, wandte sich 1816 in äußerst scharfer Form in einer Druckschrift¹⁾ gegen jene Reichenbachschen Entwürfe und suchte die Unmöglichkeit, sie auszuführen, nachzuweisen. Nicht nach Wien, sondern nur nach Schwabing oder Nymphenburg, und nicht über die Alpen, sondern nur auf die sanfte Anhöhe bei Giesing solle Reichenbach fahren, und er wolle seine eigenen Ansichten als Unsinn widerrufen. In die Notwendigkeit, zu widerrufen, wurde Baader damals noch nicht versetzt.

In den für den Zug des Feuers nötigen 10 bis 12 Fuß hohen Schornsteinen sah Baader ein besonders unüberwindliches Hindernis für ein Fuhr-

¹⁾ Bemerkungen über die von Hrn. v. Reichenbach angekündigte Verbesserung der Dampfmaschine von Jos. v. Baader, München 1816 und Erklärung der von Hrn. v. Baader herausgegebenen Bemerkungen von G. von Reichenbach, München 1816.

werk, das auch durch niedrige Tore und Bogen fahren muß. „Soll die Maschine“ — fragt er in seiner Streitschrift — „an jeder solchen Stelle ihr Rohr einziehen, wie die Schnecken ihre Fühlhörner? — oder sollten für den freien Durchweg des Reichenbachschen Dampfkleppers überall die Stadtmauern eingerissen werden, wie einst Trojas Mauern für das berühmte Kunstpferd der Griechen?“

So interessant diese Versuche, die Dampfmaschine in Bayern einzuführen und weiter zu entwickeln, technisch auch sind, wirtschaftlich haben sie noch keine Bedeutung. Die acht Dampfmaschinen, die man Mitte 1816 in Bayern zählte, waren Modelle, die mehr zu den physikalischen Apparaten, als zu industriellen Maschinen gehörten. Der hochbedeutende bayrische Dampfmaschinenbau begann erst in den 30er und 40er Jahren.

Zu gleicher Zeit, als man in Bayerns Hauptstadt mit soviel Eifer den Bau eines Dampfwagens erörterte, machte man am Rhein und in Berlin schon ernstere Bekanntschaft mit den neuen Verkehrsmitteln, mit Dampfschiff und Lokomotive.

Das erste Auftreten von Dampfschiff und Lokomotive in Deutschland.

Der Rhein, die mächtigste und verkehrsreichste deutsche Wasserstraße, wurde 1816 zuerst von einem Dampfer von Rotterdam bis Köln befahren. Er traf am 11. Juli 1816 mittags in Köln ein. Ein Bericht in der Kölnischen Zeitung vom 13. Juli kennzeichnet den Eindruck, den dieses erste Dampfschiff auf die Einwohner machte.

„Heute gegen Mittag erblickten wir auf unserem schönen Rheinstrom ein wundervolles Schauspiel. Ein ziemlich großes Schiff ohne Mast, Segel und Ruder kam mit ungemeiner Schnelle den Rhein heraufgefahren. Die Ufer des Rheines und die vor Anker liegenden Schiffe waren in einem Augenblick von der herbeiströmenden Volksmenge bedeckt. Das die allgemeine Neugierde reizende Schiff war ein von London nach Frankfurt reisendes englisches Dampfboot. Jedermann wollte den inneren Bau dieses Wunderschiffes und die Kräfte erforschen, welche dasselbe in Bewegung setzten. Seine innere Einrichtung, flüchtig betrachtet, ist folgende: Der innere Schiffsraum zerfällt in drei Teile, wovon die äußeren je ein Wohnzimmer und der mittlere einen Feuerherd samt den Brennstoffen enthalten. Dieser ist oben mit Steinen zugedeckt, brennt beständig und verwandelt das siedende Wasser in Dämpfe, welche die Walze treiben, die an jedem ihrer Enden ein Rad mit acht Schaufeln hat, wodurch die Kraft der Ruder ersetzt und das Schiff fortgetrieben wird. Bloß hierdurch in Bewegung gesetzt, kann das Schiff bei der jetzigen starken Wasserhöhe gegen die heftigste Strömung schneller herauf, als es von Pferden gezogen werden könnte. Vorigen Donnerstag verließ es Rotterdam, und nach der Versicherung der Reisenden kann es in einem Tag eine Strecke von 25 Stunden zurücklegen.

Auf dem Verdeck erblickt man zwei ziemlich erhabene Rauchfänge, wovon der größere dem Feuerherde, der kleinere dem Ofen des Wohnzimmers dient. Auf den ersten Blick staunt man über die Gewalt der Dämpfe, allein, wenn man weiß, daß das Wasser in Dampfgestalt einen 1470 mal größeren Raum einnimmt, so sieht man leicht, daß unglaubliche Wirkungen hervorgebracht werden müssen, wenn die Dämpfe in einen engen Raum eingeschlossen werden, um durch ihre Ausdehnung fremden Widerstand zu besiegen. Lissabons und Kalabriens Zerstörung, die Ausbrüche der Vulkane sind Beweise, welche uns über die Allgewalt des Wassers, wenn es sich mit dem Feuer gattet, mit Grauen erfüllen. Die Kraft der Dampfmaschine beruht auf demselben Grunde. Man bedient sich derselben mit außerordentlichem Nutzen beim Bergbau, in den großen Brauhäusern zu London und in anderen Fabriken, wo große Bewegungskräfte gebraucht werden. Die Dampfmaschinen ersparen der britischen Nation täglich 75 000 Lstrl. Diese Summe müßte täglich mehr ausgegeben werden, wenn man die Kräfte der Dampfmaschinen durch Menschenarme ersetzen wollte. Watt und Boulton zu Birmingham liefern die vollkommensten Dampfmaschinen. Diese ganze Erfindung und die Vervollkommnung derselben verdankt man dem an Tiefe dem Deutschen verwandten Genius des Briten.“

Die Maschinenleistung sollte etwa 34 PS betragen. Mit größter Wahrscheinlichkeit ist dieses Dampfschiff die in England erbaute „Défiance“ gewesen. Aber noch dauerte es Jahre, ehe der Dampfschiffverkehr wirtschaftliche Bedeutung gewann.

In der gleichen Zeit, als der erste Dampfer den Rheinstrom befuhr, kam auch das erste Dampfschiff ebenfalls aus England am 17. Juni 1816 in Hamburg an und eröffnete schon am 19. Juni die Linie Hamburg-Kuxhaven. Aber das Unternehmen erwies sich bald als verfehlt. Weder Güter noch Personen waren genügend vorhanden, um den Betrieb wirtschaftlich rechtfertigen zu können. Zuerst wollte man den Dampfer öffentlich versteigern, dann führte man ihn nach dem Forth zurück, wo er mehr Arbeit fand.

Auch in Preußen gehen die Versuche, den Dampf dem Verkehr dienstbar zu machen, weiter zurück, als man gewöhnlich anzunehmen pflegt. Schon 1815 wurde dem Engländer Humphrey für Preußen ein Patent auf seine neuen Einrichtungen an Schiffsdampfmaschinen erteilt. Das erste Dampfschiff¹⁾, „Prinzessin Charlotte“, fuhr eine Zeitlang zwischen Berlin, Charlottenburg und Potsdam. Das zweite, „Kurier“, fuhr von Berlin nach Magdeburg und Hamburg, das dritte, „Fürst Blücher“, sollte zwischen Magdeburg und Hamburg verkehren. Kaum waren die Maschinen in Berlin

¹⁾ Die Berlinischen Nachrichten Nr. 81, Jahr 1816 berichten, daß am Sonnabend den 21. Junius 1816 auf der jenseits Spandau eingerichteten Schiffswerft der Kiel des ersten Dampfbootes gelegt sei. In 6 Wochen sollte es fertig sein. Das Boot war im Kiel 130 Fuß lang und 19 Fuß 4 Zoll breit; die Triebräder lagen in der Mitte. Das ganze „Kunstwerk“ (Maschine und Kessel) wog 300 Zentner.

angekommen, so wurde auch ein oberschlesischer Maschineneleve beauftragt, sie in allen Teilen genau aufzunehmen, man dachte ohne Zweifel daran, die nächsten Schiffsmaschinen sich selbst zu bauen. Dazu kam es aber nicht. Die ersten Dampfschiffe gewährten keinerlei wirtschaftlichen Vorteil, deshalb sah sich die kgl. Post, zu der sie gehörten, sehr bald veranlaßt, ihren Betrieb ganz einzustellen.¹⁾

Nicht minder bemerkenswert ist, daß die preußische Verwaltung 20 Jahre vor Eröffnung der ersten deutschen Eisenbahn mit größtem Eifer daran ging, die Brauchbarkeit der Dampfmaschine, Kohlenwagen zu befördern, durch Versuche nachzuweisen.

Angeregt wurde sie durch die englischen Versuche, die Dampfkraft auch dem Landverkehr dienstbar zu machen. Der Ruf von diesen neuen technischen Wundern war bald auch nach Preußen gedrungen und schon 1815 hieß es in einem deutschen Reisebericht: „Zu Newcastle, zu Leeds ziehen wandelnde Dampfmaschinen Wagen mit Steinkohlen nach sich, und nichts ist für einen Reisenden auf den ersten Augenblick überraschender, als auf dem Felde jenen langen Wagenzügen zu begegnen, welche sich von selbst, ohne die Hilfe irgend eines menschlichen Wesens, bewegen.“

Die preußische Bergbauverwaltung sandte sofort zwei ihrer technischen Beamten, Eckardt und Kriegar, nach England „zum Studium der Dampfkraft in ihrer Anwendung auf den Verkehr“. Kaum zurückgekehrt, wurde Kriegar, Inspektor der kgl. Eisengießerei in Berlin, beauftragt, sofort einen Dampfwagen zu bauen. Damit wollte man auf der Königshütte in Oberschlesien, der damals bedeutendsten Hüttenanlage des ganzen Kontinents, in großem Maßstabe Versuche machen, die Kohlen von der Grube zur Hütte zu schaffen. Schon am 9. Juli 1816 war die erste Lokomotive des Kontinents in Berlin erbaut und betriebsfertig, wochenlang wurde sie auf einer kleinen Versuchsbahn dem erstaunten Volke vorgeführt.²⁾ Dann ging es auf dem Wasserwege nach Oberschlesien, wo die Lokomotive in Gleiwitz schon am 23. Oktober 1816 in 13 Kisten verpackt ankam. Eifrigst wurde ausgepackt, und man erlebte die erste Enttäuschung: Die

¹⁾ Ausführlich berichtet über die Einführung der Dampfschiffahrt Schwarz-Flemming, Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbl. 1896, S. 336.

²⁾ Die Lokomotive kostete 726 Taler 4 Groschen 4 Pfennige, die Schienen 358 Taler 12 Groschen 7 Pfennige, die beiden Lastwagen 50 Taler 19 Groschen 3 Pfennige.

Die Vossische Zeitung vom 9. Juli 1816 berichtet unter Vermischtem, eingeschoben zwischen langatmigen Beschreibungen eines gußeisernen Denkmals und einer gußeisernen Treppe, nur kurz: „In der Eisengießerei ist auch seit einiger Zeit der neu erfundene Dampfwagen zu sehen, der sich im eisernen Gleis ohne Pferde und mit eigener Kraft dergestalt fortbewegt, daß er eine angehängte Last von 50 Zentnern zu ziehen imstande ist.“ Die Berlinischen Nachrichten vom 16. Juni 1816 enthalten die Bekanntmachung des kgl. Oberbergamts, wonach der Dampfwagen bis zum 19. Juli täglich vormittags von 9 bis 12 und nachmittags von 3 bis 8 Uhr im Gange vorgeführt wurde. Für jede Person wurde ein Eintrittsgeld von 4 Groschen erhoben, das der Unterstützungs-kasse verunglückter Berg- und Hüttenarbeiter zugute kam.

Radspur war 380 mm enger als die Schienenspur! Außerdem zeigte sich die Maschine mit ihren beiden Zylindern von 130 mm Durchmesser und 314 mm Hub zu schwach; man beschloß sofort, in Gleiwitz einen neuen Zylinder von 262 mm Durchmesser herzustellen. Inzwischen wurde, da man in Berlin sehr drängte, 1817 auf kurzer Strecke die Versuche mit dem Berliner Dampfwagen aufgenommen; indes, heißt es im Bericht, „fürchtet sich jeder, damit zu manövrieren, diese Furcht ist auch allerdings nicht unbegründet.“ An dem passiven Widerstand, der Furchtsamkeit und Abneigung der Beamten scheiterten alle weiteren Bemühungen der Zentralstelle. Man gab es auf und ließ den zweiten in Gleiwitz begonnenen Dampfwagen in eine ortsveränderliche Wasserhaltungsmaschine umbauen.

Gleichzeitig hatte man in Berlin eine zweite größere Lokomotive für Saarbrücken erbaut, um dort die Kohlen besser von den Gruben zur schiffbaren Saar befördern zu können. Mit großer Vorsicht ging das Oberbergamt Bonn an die Unternehmung heran; es verlangte zunächst die sorgfältigsten Versuche in Berlin; denn würde man mit einem so sehr gerühmten Unternehmen, das von der Hauptstadt ausgeht, und durch welches man den neuen Provinzen eine Musterleistung vorführen will, Mißerfolg haben, so würde man nicht nur die sehr erheblichen Transportkosten verlieren, sondern der weitere Fortschritt würde durch das entstehende Mißtrauen gehemmt werden. Aber ehe dies Gesuch in Berlin ankam, war der Wagen schon unterwegs. Am 22. September 1818 ging der Wagen zu Wasser über Hamburg und Amsterdam ab und kam am 4. Februar 1819 in Geislauntern, wo er auf der Hütte versucht werden sollte, an.

Die Lokomotive glich der Trevithicks mit Blenkinsops Zahnradgetriebe. Auf hölzernen Rahmen ruhte der zylindrische gußeiserne Kessel, der $2\frac{1}{2}$ m lang war, 1 m Durchmesser und 33 mm Wandstärke hatte und aus 3 Stücken zusammengesetzt war. Die beiden hintereinander angeordneten, 261 mm weiten Zylinder hingen von oben in den Kessel hinein. Der Dampf wurde durch einen vielfach durchbohrten Hahn verteilt. Von den beiden Metallkolben wurde die Kraft mit Hilfe von zwei breiten Querhäuptern und vier Schubstangen auf zwei kleine Zahnräder und weiter auf das eigentliche Triebrad übertragen, das in die einseitig mit einer Schiene verschraubte Zahnstange eingriff.

Das Ergebnis jahrelang fortgesetzter Versuche war trostlos. Der günstigste Erfolg, den man erzielen konnte, war, „den Wagen 20 bis 30 Fuß vor- und rückwärts zu rücken, wobei sehr oft durch Schieben und Stoßen hat Hilfe geleistet werden müssen“. Dabei hatte man den Dampfdruck von 1,5 at, wie er der Konstruktion zugrunde gelegt war, schon auf über 3 at gesteigert.

Nachdem man über 1500 Taler für Reparaturen ausgegeben hatte, sah man die Nutzlosigkeit ein. Die Konstruktion war inzwischen auch gänzlich veraltet, und den Behörden blieb nur noch der scharfe Streit übrig, wer die Kosten tragen solle. Trotz heftiger Abwehr mußte Bonn schließlich bezahlen.

1835 sollte der Dampfswagen endlich als altes Eisen verkauft werden; aber niemand bot auf die 16 000 Pfund Gußeisen, 7040 Pfund Schmiedeeisen und 121 Pfund Messing. Endlich gelang es 1836, ihn für 334 Taler 6 Groschen und 7 Pfennige an einen Landwirt zu verkaufen, der noch in den 70er Jahren zahlreiche Einzelteile als Erinnerung an die erste Lokomotive vorzeigen konnte.

So endigte mit einem Mißerfolg der Bau der ersten preußischen Lokomotiven. Wer die ungeheuren Schwierigkeiten, die damals noch zu überwinden waren, in Betracht zieht, wird trotzdem die größte Hochachtung dem weiten Blick und der zähen Ausdauer jener Männer, die damals die technische Entwicklung Preußens leiteten, nicht versagen können.

Dies alles zusammengenommen, möge genügen, um wenigstens in großen Zügen ein Bild zu geben von den Anfängen der Dampfmaschine in Deutschland und von den Schwierigkeiten, welche die Männer überwinden mußten, denen Deutschland heute die Begründung seiner Industrie zu verdanken hat.

C. Der Bau und die Verwendung der Dampfmaschinen von Mitte der 30er Jahre bis zur Neuzeit.

Die Gründung des deutschen Zollvereins und seine Bedeutung. — Die ersten deutschen Eisenbahnen. — Beginn des Eisenbahnwesens in Sachsen und Preußen. — Entwicklung des Eisenbahnnetzes und die erste Entwicklung des Lokomotivbaues in Deutschland. — Entwicklung des allgemeinen Dampfmaschinenbaues an Hand der Entstehungsgeschichte deutscher Dampfmaschinenfabriken. — Entwicklung der Schifffahrt und des Schiffsmaschinenbaues. — Flußdampfer. — Ozeandampfer.

Nur langsam hatte sich bisher die Industrie entwickeln können; erst von Mitte der 30er Jahre an beginnt ein schnelleres, starkes Wachstum sich überall bemerkbar zu machen.

Zwei Ereignisse von weittragender Bedeutung kennzeichnen diesen Wendepunkt in der industriellen Entwicklung: die Einführung der Eisenbahn, eine technische Tat von unabsehbarer Tragweite, und die Gründung des deutschen Zollvereins, der für die wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands die Bahn frei machte. Erst jetzt begann das kleinliche Sonderinteresse des einzelnen Staates sich zum allgemeinen Interesse des ganzen Volkes langsam zu erweitern; ein Vorgang, der außerordentlich befruchtend auch auf Handel und Verkehr einwirken mußte.

Preußen hatte mit der Gründung des allgemeinen deutschen Zollvereins ein Werk vollbracht, dem seit der Erkämpfung der religiösen Freiheit kein anderes an nationalem Wert gleichkommt.¹⁾

Wie weit dieser Schritt vorwärts geführt hat, läßt sich an den Ansichten, die noch wenige Jahrzehnte vorher zu hören waren, ermessen. Am Ende des 18. Jahrhunderts konnten noch Ideen, es könne sich auch einmal eine Hansa der Fürsten bilden, die mit den geradezu unleidlich gewordenen

¹⁾ s. Helmholtz, Weltgeschichte, Leipzig 1903. Bd. 8, S. 157.

Handelsschwierigkeiten Deutschlands aufräumen würde, als Hirngespinnst verspottet werden. Man rief diesen „Phantasten“ zu, „ebensogut könne man auch von einem Handelsvertrag mit dem Kaiser von Fez und Marokko oder gar den Japanern reden.“ Für so unmöglich hielt man es noch damals, die verschiedenen Interessen der zahlreichen kleinen Staaten in Deutschland zu vereinigen. Auch als sich der Zollverein zu entwickeln begann, suchte man wohl noch politisch ihm von verschiedenen Seiten aus Schwierigkeiten in den Weg zu legen, doch die wirtschaftlichen Interessen waren stärker. Auch die Abneigungen der kleinen Staaten gegen Preußen ließen sich mit Einrichtungen überwinden, an denen etwas zu verdienen war. Geld konnten auch die kleinsten Staaten stets gut brauchen. Am 1. Januar 1834 fielen die Zollgrenzen zwischen 18 deutschen Staaten mit 23 Millionen Einwohnern. 6 Jahre später umfaßte der Zollverein bereits 23 Staaten mit 27 Millionen Menschen. 1841 schloß sich Braunschweig an, 1851 auch Hannover, dessen innige Verbindung mit England den Anschluß so lange verhindert hatte. In den Gebieten des Zollvereins stand nun endlich der freien Entwicklung von Handel und Verkehr die Bahn offen. Der Überschuß aus der gemeinschaftlichen Zollkasse wurde nach Abzug der gemeinsamen Unkosten an die vereinten Staaten, der Bevölkerungszahl nach, verteilt. Er betrug 1834 1,50 M., 1840 schon über 2 M. auf den Kopf.

Das zweite Ereignis, die Einführung der Eisenbahn, begann in Bayern.

In Deutschland hatten schon frühzeitig einsichtige Männer die gewaltige Bedeutung der Eisenbahnen erkannt. In München war der Oberberg- rat von Baader schon 1814, in Westfalen der Industrielle Harkort 1825 und in Braunschweig der Finanzbeamte von Arnsberg 1824, eifrig für den Bau von Eisenbahnen eingetreten, ohne aber zunächst bei der Regierung oder bei dem großen Publikum Verständnis für ihre Pläne zu finden. So konnte die erste Eisenbahn Deutschlands erst am 7. Dezember 1835 mit der 6,1 km langen Strecke Nürnberg-Fürth eröffnet werden; sie war von dem Ingenieur Denis erbaut und wurde anfangs mit einer von Stephenson gelieferten Lokomotive, dem „Adler“, befahren.

Diese Lokomotive wog 6 t und kostete 24000 M. Bis 1857 hat der „Adler“ auf der Ludwigsbahn seinen Dienst verrichtet. Mancherlei konstruktive Veränderungen sind an ihm vorgenommen worden, bis endlich seine Leistungsfähigkeit den gesteigerten Ansprüchen nicht mehr entsprach. Neueren stärkeren Lokomotiven mußte der älteste Dampfswagen seinen Platz räumen. Der „Adler“ wurde 1857 nach dem Auslande verkauft, wo er in einem größeren Fabrikbetriebe noch mehrere Jahre gearbeitet hat.

In Sachsen trat der bedeutende Nationalökonom Friedrich List für den Bau von Eisenbahnen ein, und es gelang ihm, Leipziger Kaufleute so für die Sache zu interessieren, daß zunächst die Verbindung von Dresden und Leipzig beschlossen wurde. Am 24. April 1837 wurde die erste Teilstrecke Leipzig-Althen (9,17 km) eröffnet. Die erste Lokomotive, der

„Comet“, war im November 1836, in 15 Kisten verpackt, glücklich aus England angekommen; sie kostete etwa 28000 M. Am 7. April 1839 konnte die ganze 115 km lange Strecke dem Verkehr übergeben werden.

Das neue Verkehrsmittel steigerte zunächst vorwiegend den Personenverkehr. Während 1828 die Dresdener Gasthöfe 7000 Fremde zu beherbergen hatten, betrug diese Zahl nach Eröffnung der Bahn in den ersten 9 Monaten des Jahres 1839 bereits 36000.

Inzwischen hatte man auch in Preußen mit dem Bahnbau begonnen. 1835 beschlossen drei Beamte: der Justizkommissar Robert, Geh. Baurat Crelle und Rechnungsrat Doussin, eine Aktiengesellschaft hierfür zu gründen. Die Idee Lists, der in so großzügiger Weise damals schon für ein gesamtes deutsches Eisenbahnnetz eingetreten war, hatte auch in Berlin gezündet, und wenn auch einige höhere Beamten der Angelegenheit noch wenig freundlich gegenüberstanden, so war doch der Kronprinz, der spätere König Friedrich Wilhelm IV., eifrig tätig, diese Hindernisse aus dem Weg zu räumen. Am 9. Oktober 1838 konnte die Strecke Berlin-Potsdam eröffnet werden. Fast 1 $\frac{1}{2}$ Mill. Taler hatte die 3 $\frac{1}{2}$ Meilen lange Strecke gekostet. Es soll ein großes Fest für die Berliner gewesen sein, als sie zum erstenmal mit dem Dampfwagen von Berlin nach Potsdam fahren konnten.¹⁾

Was gerade Berlin den Eisenbahnen zu verdanken hat, konnte man erst weit später erkennen. Erst Lokomotive und Eisenbahn haben Berlin als Reichshauptstadt möglich gemacht.²⁾

¹⁾ Aber während man sonst fast überall die ungewöhnliche Geschwindigkeit der Eisenbahn anstaunte, war der Berliner noch nicht mit der anfangs allerdings nicht sehr großen Geschwindigkeit zufrieden gestellt. Er kritisierte auch das neue Verkehrsmittel. Ein Ungenannter soll die Behörde boshaft gebeten haben, man möge doch Sorge dafür tragen, daß die Passagiere nicht zu sehr durch das Betteln belästigt würden, besonders sei es nicht schicklich, daß man Invaliden mit Stelzfüßen neben dem Zuge herlaufen ließe, die um eine milde Gabe bäten.

²⁾ Mit treffenden Worten wurde in den 80er Jahren eine Berliner Tageszeitung der Bedeutung der Lokomotive gerecht. Sie schrieb:

„Den Partikularismus hat die Lokomotive aufgezehrt, sie allein konnte es, denn sie hat ihn bei seinen Wurzeln angepackt. Jener enge und abgeschlossene Sinn, der in einem kleinen Gebiete sich eigensinnig einspannt, das, was außer den Grenzpfählen vorging, mißtrauisch ablehnte, konnte vor den landesverbindenden Eisenbahnen nicht bestehen, die ein bisheriges Vaterland auf ein paar Eisenbahn-Stationen reduzierte. Weit wurde der Gesichtskreis; und an die Stelle, welche der Lokal-Patriotismus eingenommen hatte, trat naturgemäß die Liebe zu dem großen gemeinschaftlichen Vaterlande. Es war allein die Eisenbahn-Verbindung, die es denkbar machte, Berlin zur Reichshauptstadt zu machen und so Länder in lokale Beziehungen zu ihm zu setzen, die weit außerhalb seines natürlichen Verkehrsgebietes lagen.

Paris und London haben sich durch natürliche Lage oder durch die Arbeit vielhundertjähriger Geschichte zu Hauptstädten ausgebildet, zur Reichshauptstadt hat sich Berlin im saussenden Schwunge der Lokomotive geschaffen.“

s. Monatsschrift für deutsche Beamte 1884 S. 64: Drei Beamte als Begründer der ersten Eisenbahn in Preußen.

Bemerkenswert ist, daß damals auch bereits Crelle dafür eintrat, die Eisenbahnen von Staats wegen zu bauen, ebenso wie die Chausseen.

Am 1. Dezember 1838 wurde auch die erste Staatseisenbahn im deutschen Lande mit der Linie Braunschweig-Wolfenbüttel eröffnet. Groß war der Zudrang des Volkes zu dem Eisenbahnhof in Braunschweig an jenem schönen Wintertage, an dem die erste Dampfmaschinenfahrt stattfinden sollte. Die kleine blitzende Lokomotive „Swift“, die das Staunen der Zuschauer besonders dadurch erregte, „daß sie auch rückwärts laufen konnte,“ zog sicher und leicht die sieben kleinen vierrädrigen Omnibuswagen hinter sich her. Der regierende Herzog nahm an der ersten Fahrt in einem „Salonwagen“ teil, der aus einem offenen Güterwagen mit darauf festgebundener Equipage bestand; übrigens eine unerhörte Waghalsigkeit, wenn man berücksichtigt, daß die Probefahrt fast mit der Geschwindigkeit stattfand, mit der auch heute die Strecke durchfahren wird.

So breitete sich der Eisenbahnbau von einem Staat zum anderen aus, die einzelnen Bahnen begannen miteinander sich zu verbinden, ein großes Netz eiserner Schienen, dessen Maschen mit jedem Jahrzehnt enger wurden, legte sich über Deutschland. 1840 hatte Deutschland 580 km Eisenbahnen, 1850 bereits 5473, 1890 42869 und 1904 bereits 54426 km Eisenbahnen, auf denen 21418 Lokomotiven dem Verkehre dienten.

Die Entwicklung des deutschen Eisenbahnnetzes im Vergleich zu anderen Staaten hat bereits Fig. 20 deutlich erkennen lassen.

Die erste Entwicklung des Lokomotivbaues in Deutschland.

Die ersten Lokomotiven deutscher Bahnen stammten aus England und Amerika. Stephenson, Sharp, Roberts, Bury, Curtis & Kennedy, Rothwell in England, Norris & Baldwin in Amerika hatten die Lokomotiven gebaut, nach deren Muster man bald anfang, überall, auch in Deutschland, Dampfmaschinen zu erbauen.

Die erste in Deutschland erbaute Lokomotive, die „Saxonia“, wurde 1838 zu Übigau für die Leipzig-Dresdener Bahn fertiggestellt. Der Entwurf rührte von Schubert her.

Viele Fabriken nahmen den Lokomotivbau auf, um ihn jedoch bald wieder aufzugeben, weil andere Arbeitsgebiete ihnen näher lagen, sie auch bald sahen, daß ohne besondere Einrichtungen und große Geldmittel mit dem sich überaus schnell entwickelnden Lokomotivbau nicht viel zu verdienen war.¹⁾

In geringer Zahl liefern auch bis heute noch Lokomotiven: Lokomotivfabrik Hagans in Erfurt, Maschinenbaugesellschaft Heilbronn, Maschinenfabrik und Eisengießerei Darmstadt, Harzer Werke in Rübeland und Zorge am Harz, Kernaul & Co. in Giesing bei München.

¹⁾ s. Röhl, *Encycl. des Eisenbahnw.*, Bd. 5, S. 2320 und Heusingers *Handbuch für spez. Eisenbahntechnik*, III. Bd., Leipzig, der auch über wichtige ausländische Lokomotivfabriken Auskunft gibt.

Die folgende Zusammenstellung zeigt, welche Firmen vorübergehend den Bau der Lokomotiven aufgenommen haben.

Name der Firma	Jahr der Lokomotivlieferungen	Anzahl der erbauten Lokomotiven	Empfänger
Aktien - Maschinenfabrik Übigau bei Dresden	1838—1840	2	Leipzig-Dresdner Eisenbahn.
Dobbs & Pönsgen, Aachen	1839	1	Rheinische Eisenbahn.
Sächsische Maschinenbau - Compagnie, Chemnitz	1840	2	Leipzig-Dresdner Eisenbahn.
Jacobi, Haniel & Huysen, Sterkrade	1840	1	Taunus-Bahn, später noch 4 für Düsseldorf-Elberfelder u. Köln-Mindener Eisenb.
Emundts & Herrenkohl, Aachen	1842	1	Oberschlesische Eisenbahn.
Tischbein, Buckau	1842	2	Niederschles.-märk. Eisenb.
Hamburg - Magdeburger Dampfschiffahrts-Compagnie, Buckau	1842—1849	11	Verschiedene Bahnen.
Sindheim & Hawthorn, Ullersdorf (Schlesien)	1845—1847	2	Niederschles.-märk. Eisenbahn.
F. A. Egells, Berlin	1846	4	Potsdamer u. niederschles.-märkische Eisenbahn.
Hartmann & Lindt, Heidelberg	1848	1	Badische Eisenbahn.
A. Wever & Co., Barmen	1848—1850	4	Bergisch-märkische Eisenb.
Heusinger von Waldegg, Hannover	1850	1	Kleine Tenderlokomotive für Hafenanbauten in Lüttich.
Washington Beyer, Dresden	1858	1	Albertsbahn.
Kölnische Maschinenbau - Ges.	1864	2	Rheinische Eisenbahn.
G. R. v. Ruffer, Breslau	1861—1869	43	Verschiedene Bahnen.

Die Maschinenfabriken, die nicht nur mit dem Lokomotivbau in Deutschland angefangen, sondern ihn bis heute erfolgreich durchgeführt haben, sind die folgenden:

Firma	Erbaute die erste Lokomotive im Jahre
A. Borsig, Berlin	1841
J. A. Maffei, München	1841
Hannöversche Maschinenbau-A.-G. vorm. Georg Egestorff, Linden-Hannover	1846
Maschinenfabrik Eßlingen, Eßlingen	1847
Henschel & Sohn, Kassel	1848
Sächsische Maschinenfabrik vorm. Rich. Hartmann, Chemnitz	1848
Maschinenbaugesellschaft Karlsruhe, Karlsruhe	1854
Lokomotivfabrik, Eisengießerei, Maschinenbauanstalt und Kesselschmiede „Union“, Königsberg	1855
Stettiner Maschinenbau-A.-G. „Vulcan“, Stettin	1859
F. Schichau, Elbing	1860
Berliner Maschinenbau-A.-G. vorm. L. Schwartzkopff, Berlin	1867
Lokomotivfabrik Krauß & Comp., A.-G., München (und Linz a/D.)	1867
„Hohenzollern“ A.-G. für Lokomotivbau, Düsseldorf-Grafenberg	1875
Maschinenfabrik Humboldt, Kalk bei Köln	1897

Hierzu kommt seit 1871 auch die Elsässische Maschinenbaugesellschaft, die schon 1839 in Mülhausen mit dem Lokomotivbau begann, seit 1872 mit der Gesellschaft Grafenstaden, die ihre erste Lokomotive 1856 erbaute, vereinigt ist und seit 1880 in ihrer Filiale Belfort Lokomotiven ausführt.

Die vorstehenden Namen und Zahlenangaben geben ein Bild des deutschen Lokomotivbaues.

Doch kehren wir zunächst zu dem Stande des Dampfmaschinenbaues in den 30er Jahren zurück.

Die Geschichte des Dampfmaschinenbaues im allgemeinen ist naturgemäß auf das engste mit der Geschichte der maßgebenden Firmen und ihrer Begründer verknüpft. Es konnte gezeigt werden, wie von einigen Kunstmeistern am Ende des 18. und Anfang des 19. Jahrhunderts der deutsche Dampfmaschinenbau sich zu entwickeln begann. Von 1815 bis 1830 entstanden besonders in Berlin und Westfalen bereits Dampfmaschinenbauanstalten im heutigen Sinne, aber auch sie wurden noch mehr von staatlicher Fürsorge als privatem Unternehmungsgeist getragen.

Es wird jetzt noch kurz darzustellen sein, wie im neuen Industriezeitalter — seit 1835 — überall neue Dampfmaschinenfabriken entstanden. Nicht alle konnten sich zu maßgebender Bedeutung emporringen, viele blieben auf ein kleines Absatzgebiet in nächster Nähe beschränkt, viele gaben auch den Dampfmaschinenbau, der immer größere Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Werkstätte stellte, wieder auf. In früherer Zeit baute fast jede Maschinenfabrik Dampfmaschinen, „wenn es verlangt wurde“. In dem kleinen Absatzgebiet war die Nachfrage nach Maschinen gering, es bot noch wenig Raum für Spezialfabriken.

So wuchs denn vielfach der Dampfmaschinenbau gleichsam aus dem allgemeinen Maschinenbau hervor. Die Maschinenfabriken, die ganze Fabrikeinrichtungen für Brennereien, Zuckerfabriken, Mühlen und Ziegeleien lieferten, bauten meistens auch die Betriebsmaschinen. Zuweilen entwickelte sich dann der Dampfmaschinenbau auch aus einem „Nebenbei“ zur Hauptsache und drängte die anderen Fabrikationszweige zurück.

Die größte Mannigfaltigkeit zeigt auch hier wieder die Entstehungsgeschichte der einzelnen Firmen. Natürlich ist es nicht möglich, die Geschichte der etwa 180 Fabriken, die heute in Deutschland Dampfmaschinen bauen, hier näher zu verfolgen. Es kann nur darauf ankommen, an Hand des Entwicklungsganges einiger der bedeutendsten zugleich in großen Zügen das Werden des gesamten deutschen Dampfmaschinenbaues zu zeigen.

Die Stammväter des Berliner Dampfmaschinenbaues sind Freund und Egells. Bei Freund arbeitete Hermann Paucksch,¹⁾ der mit einem Bruder Freunds später nach Landsberg a. d. W. ging und dort die Fabrik gründete, die jetzt als Maschinenbauanstalt, Eisengießerei, Dampfkesselfabrik H. Paucksch, A.-G. bekannt ist.

¹⁾ Hermann Paucksch ist am 5. März 1899 im Alter von 83 Jahren gestorben.

Bei Egells arbeiteten Borsig, Wöhlert, Hoppe.

Johann Friedrich August Borsig, der Begründer der heutigen Weltfirma, wurde am 23. Juni 1804 in Breslau geboren; sein Vater war Kürassier und später Zimmermann, welches Handwerk er auch seinen Sohn erlernen ließ. 1823 ging der junge Borsig nach Berlin und besuchte hier das 1821 von Beuth begründete Gewerbeinstitut. Vom September 1825 bis März 1827 erlernte er praktisch den Maschinenbau bei Egells, der ihm über seine Leistungen und Fortschritte ein glänzendes Zeugnis ausstellte. Noch in demselben Jahre wurde er von der gleichen Firma auf acht Jahre als Faktor der Gießerei und Werkstätten angestellt. 1836 beschloß Borsig, sich selbständig zu machen. Unmittelbar neben der Egellschen Fabrik hatte er sich am Oranienburger Tor ein größeres Fabrikgrundstück für 10000 Taler erworben. In einer vorläufig aufgeschlagenen Bretterbude begann er im Juni 1837 mit der Fabrikation. Zunächst war eine Roßkunst, bei der zwei Pferde in zweistündiger Ablösung die Arbeitsmaschinen betrieben, seine einzige Betriebskraft.

Seine ersten größeren Aufträge bekam er durch die Berlin-Potsdamer Eisenbahn. Auch mit allerlei Werkzeugmaschinen für den eigenen Bedarf war die Fabrik zuerst beschäftigt. Aber auch mit Dampfmaschinen und Fabrikationsmaschinen für Zuckerfabriken und für die Textilindustrie wurde bald begonnen. Als eine der ersten größeren Dampfmaschinenanlagen konnte er die Pumpmaschine für die Wasserkunst in Sanssouci ausführen, die, in „streng maurischem Stil“ durchgeführt, als eine besonders bemerkenswerte Anlage vielfach Beachtung gefunden hat. Schon als Borsig seine Fabrik gründete, beabsichtigte er den Lokomotivbau, dessen große Zukunft er voraussah, aufzunehmen. Für seine erste Lokomotive nahm er sich die amerikanische Konstruktion von Norris in Philadelphia zum Muster. Bereits 1841 konnte die erste Lokomotive abgeliefert werden. 1844 wurde in der allgemeinen Ausstellung deutscher Gewerbezeugnisse in Berlin eine von Borsig erbaute Lokomotive „Beuth“ ganz besonders bewundert. Der amtliche Bericht über die Berliner Ausstellung stellte fest, daß aus den Werkstätten Borsigs in wenigen Jahren eine Reihe von Lokomotiven hervorgegangen sei, „deren jede die nächst vorhergehende durch neuangebrachte Verbesserungen übertraf, und somit ein unausgesetztes Streben kund gab, den Lokomotivbau bis zu demjenigen Grade der Vollkommenheit zu erheben, den die von ihm zur Ausstellung gegebene Maschine auf eine so erfreuliche Weise wahrnehmen ließ.“

1853 und 1854 konnte August Borsig bereits zum ersten Male auch dem Auslande Lokomotiven liefern. Von den 69 Lokomotiven, die 1854 von preußischen Eisenbahnen beschafft wurden, baute Borsig allein 67.

Stetig erweiterte sich die Fabrikanlage. 1847 begann Borsig mit dem Bau eines bedeutenden Eisenwerkes in Moabit. 1850 kaufte er eine der Königl. Seehandlung gehörige Maschinenfabrik in Berlin und gliederte sie seinem Eisenwerke an. 1854 erwarb er in Oberschlesien eigene

Kohlengruben und errichtete Hochofenanlagen; so erweiterte sich schon damals das Unternehmen durch diese Arbeitsvereinigung zu einem jener Riesenbetriebe, die man heute wohl als „Fabrikationsanstalt“ bezeichnet. Aber leider setzte wenige Monate, nachdem er 1854 mit seinen Arbeitern die Fertigstellung der 500sten Lokomotive hatte feiern können, am 7. Juli 1854 ein Schlaganfall seinem erfolgreichen Schaffen ein Ziel.¹⁾

Ein zweiter großer Berliner Dampfmaschinenbauer, Johann Friedrich Ludwig Wöhlert, stammte aus Kiel, wo er, am 16. September 1797 geboren, das Tischlerhandwerk erlernte. 1818 ging er auf die Wanderschaft, die ihn zuerst nach Berlin führte, wo er gleich bei Egells lohnende Arbeit fand. Er arbeitete hier mit Borsig zusammen, dem er auch in seine neu gegründete Fabrik folgte.

Wöhlert baute mit Borsig zusammen die erste Lokomotive, und wurde dann von der Königl. Eisengießerei zum Abteilungs-Vorsteher berufen. Sein unternehmender Geist ließ sich aber nicht mit der Beamtenlaufbahn zufriedenstellen. So gründete er 1842 in der Chausseestraße 36/37 eine Maschinenfabrik und Eisengießerei. Die Königl. Seehandlung in Berlin hatte ihm das Kapital hierfür geliehen. Besonders der Lokomotivbau entwickelte sich sehr vorteilhaft. 1864 beschäftigte die Fabrik etwa 800 Arbeiter. Gebaut wurde so ziemlich alles. Wöhlert setzte seinen Ehrgeiz darein, auch die schwierigsten technischen Aufgaben in seiner Fabrik auszuführen, und: „Mach ick“ soll stets die Antwort auf jede Anfrage gewesen sein. So wurden denn neben Dampfmaschinen, Dampfkesseln und Lokomotiven auch Mühleneinrichtungen, Dampfschiffe, eiserne Brücken und Gußstahlkanonen ausgeführt. 1872 verkaufte er seine Fabrik, die bald in eine Aktiengesellschaft verwandelt wurde. Sie beschäftigte damals bereits bis zu 1000 Arbeiter. Unter dem großen Gründerkrach hatte auch sie sehr zu leiden. Sie hielt sich noch bis in die 80er Jahre und wurde dann aufgelöst.

Wöhlert starb fast ganz erblindet in Berlin am 31. März 1877, er wurde auf dem Invalidenkirchhof begraben.

Während diese vier ersten großen Dampfmaschinenunternehmer aus dem Handwerkerstande hervorgingen (Freund war Mechaniker, Egells Schlosser, Borsig zuerst Zimmermann und Wöhlert Tischler gewesen) und keiner von ihnen die Vorteile langjähriger guter Schulbildung genossen hatte, so gehören die beiden folgenden Männer, die den Dampfmaschinenbau bedeutend gefördert haben, Hoppe und Schwartzkopff, bereits einer anderen Gesellschaftsklasse an; sie verfügten bereits über eine technische Ausbildung in unserem heutigen Sinne.

Ernst Carl Theodor Hoppe war am 15. Juni 1812 zu Naumburg

¹⁾ Sein Sohn Albert übernahm die Leitung; er starb 1878. Bis zur Großjährigkeit seiner Söhne führte ein Nachlaßkuratorium die Leitung der Werke weiter. 1894 traten dann die drei Enkel des Gründers, Arnold, Ernst und Konrad, an die Spitze der Werke. 1897 fiel Arnold Borsig einer Gruben-Explosion zum Opfer. 1898 konnte die Fabrikation nach der neuen, großartig angelegten Maschinenfabrik in Tegel verlegt werden.



E. C. Th. Hoppe

geb. 15. Juni 1812, gest. 1. Febr. 1898



Joh. Fr. August Borsig

geb. 23. Juni 1804, gest. 7. Juli 1854

als ältester Sohn des Dompredigers Hoppe geboren. Seine große Vorliebe für die Technik hatte schließlich auch den Widerstand seines Vaters, der ihn zum Geistlichen bestimmt hatte, überwunden. 1832 konnte er, vom Staat durch ein Stipendium unterstützt, das Königl. Gewerbeinstitut besuchen, von wo aus er nach zweijährigen Studien zu F. A. Egells kam, um hier seine praktische Ausbildung zu vollenden. Sein großes technisches Können wurde hier schon früh erkannt. 1844 gründete er unter der Firma Lindner & Hoppe in der Köpenickerstraße zu Berlin eine Maschinenfabrik, in der er zunächst zwölf Arbeiterbeschäftigte. 1846 schied Lindner aus und 1849 wurden die neuen Werkstätten in der Gartenstraße mit 40 Arbeitern bezogen. 50 Jahre später zählte die Fabrik 600 Arbeiter.¹⁾ Schon im ersten Jahre seiner Selbständigkeit konnte Hoppe zwei Dampfmaschinen in Betrieb setzen. Er suchte von Anfang an möglichst wirtschaftliche Maschinen zu bauen, d. h. durch den geringen Kohlenverbrauch seiner Maschinen sich den Markt zu erobern. Er legte deshalb hohen Wert auf die Expansion, konstruierte hierfür geeignete Steuerungen und baute auch schon Ende der 40er Jahre mit größtem Erfolg Woolfsche Maschinen. 1848 begann er mit dem Bau von Lokomobilen, deren Konstruktion wieder seine hohe technische Fähigkeit zu zeigen vermochte. Der Ruf von seinem konstruktiven Können drang in immer weitere Kreise, und bald wurde er vielfach mit besonders großen und schwierigen Neuanlagen beauftragt. Im Groß-Dampfmaschinenbau wurden seine Konstruktionen maßgebend. Er baute große Gebläse-, Förder- und Wasserhaltungsmaschinen. Auch die mannigfachsten Fabrikeinrichtungen führte er aus. Besonders bekannt wurden seine hydraulischen Anlagen und seine großen Werkzeugmaschinen. Ende der 70er Jahre war die Arbeiterzahl schon auf 400 gestiegen.²⁾

Der Begründer der großen Berliner Maschinenfabrik, die heute seinen Namen trägt, Louis Schwartzkopff, wurde am 5. Juni 1825 zu Magdeburg als Sohn eines Holzhändlers geboren. Er studierte 1842 bis 1845 in Berlin im Gewerbeinstitut und arbeitete dann zwei Jahre bei Borsig praktisch, wo er besonders im Lokomotivbau beschäftigt war. Er war dann Maschinenmeister an der Magdeburger Bahn, erweiterte seine technischen Kenntnisse durch Studienreisen nach England und begründete im Oktober 1852 in Berlin in der Chausseestraße eine Maschinenfabrik und Gießerei. Seit 1855 trat dann der Maschinenbau besonders in den Vordergrund. Bald kamen große Aufträge besonders in Bergwerksmaschinen aus Westfalen und Oberschlesien. Sehr bekannt wurden seine Dampfhämmer. Schwere Zeiten blieben auch diesem jungen Unternehmen nicht erspart. Die große amerikanische Krisis im Jahre 1858 machte sich sehr bemerkbar. Aber Schwartzkopff hielt aus, auch als 1860 ein großer Brand die

¹⁾ s. auch Z. d. V. d. Ing. 1898, S. 194.

²⁾ Nach seinem Tode (1. Februar 1898) führten seine Söhne die Werke noch bis 1902 weiter. Biographische Angaben s. auch Namenlose Blätter, Berlin 1880, und Berlin und seine Bauten, Berlin 1877.

Fabrik fast vernichtete. 1861 trat ein Schüler Redtenbachers, Emil Kaselowsky, als Ingenieur in das Werk ein. Er gewann sehr bald als Leiter des Konstruktionsbureaus maßgebenden Einfluß auf die großen technischen Leistungen des Unternehmens.

Im Februar 1867 konnte Schwartzkopff auch seine ersten Lokomotiven in Betrieb setzen; bis 1879 hatte er bereits 1000 geliefert. 1869 wurde ein neues großes Fabrikgebäude in der Ackerstraße bezogen und 1870 das Unternehmen in eine Aktiengesellschaft umgewandelt.

Louis Schwartzkopff starb 1892.¹⁾

In Schlesien entstanden neben den alten staatlichen Werken zu Malapane und Gleiwitz in Breslau, Hirschberg und Görlitz bedeutende Dampfmaschinenfabriken. Breslau bekam seine erste Dampfmaschine 1826, es war eine 10pferdige Maschine, die im alten Wasserhebewerk, der Mathiaskunst, aufgestellt wurde. Bedeutenden Einfluß gewann auf den schlesischen Dampfmaschinenbau damals J. G. Hofmann, der sich einen großen Ruf als Konstrukteur erwarb. Er hatte im Auftrag der Königlichen Seehandlung 1831 die Pläne für eine große neu zu gründende Breslauer Spinnerei angefertigt und wurde 1833 als Königlicher Fabrikenkommissarius für das Breslausche Regierungsdepartement vereidigt. Anfangs hatte man nur beabsichtigt, Maschinen für eine neue Spinnerei zu bauen, aber bald nahm man auch andere Aufträge auf Maschinen an, und so entstand statt der Spinnerei eine Maschinenfabrik. Als die erste Breslaus konnte sie 1833 teilweise in Betrieb genommen werden. 1854 kaufte sie der Geh. Kommerzienrat Ruffer. 1859 beschäftigte sie bis zu 800 Arbeiter.

Hofmann²⁾ selbst machte sich 1855 selbständig und erbaute 1868 in Breslau die heute noch unter Leitung seines Sohnes arbeitende Maschinenfabrik Koinonia.

In Hirschberg entstand die Maschinenfabrik von Starke & Hoffmann, die sich bald, besonders durch gut ausgeführte Betriebsmaschinen, einen großen Ruf erwarb. 1831 wurde die Wilhelmshütte in Eulau bei Sprottau zuerst als Eisenwerk gegründet, 1837 konnte auch hier bereits die erste Dampfmaschine gebaut werden. Eine größere Rolle begann der Dampfmaschinenbau hier erst Mitte der 50er Jahre zu spielen, wo die Wilhelmshütte mit der Buckauer Maschinenfabrik zugleich als die ersten den Bau von Corliss-Maschinen auf dem Kontinent aufnahmen. Eine große Anzahl Corliss-Betriebsmaschinen, sowie auch Wasserhaltungs- und Fördermaschinen für die deutschen Bergbaubezirke sind hier entstanden.³⁾

¹⁾ s. Z. d. V. d. Ing. 1892, S. 417.

²⁾ J. G. Hofmann wurde am 14. Februar 1804 geboren und starb am 10. Januar 1879. Sein Vater war ein Mühlenbaumeister, der in der Nähe von Görlitz seine Kunst betrieb. Auch er hatte so in alter Weise zunächst den Beruf eines Kunstmeisters erlernt. Nachruf von J. G. Hofmann, Wochenschrift d. V. d. Ing. 1879, S. 87.

³⁾ s. Festschrift zur 29. Hauptversammlung d. V. d. Ing., Breslau 1888.

Schlesiens größte Dampfmaschinenfabrik, die Görlitzer Maschinenbauanstalt und Eisengießerei, ist 1872 aus einer Ende der 40er Jahre von Steininger begründeten kleinen Maschinenfabrik, die 1853 von Karl Körner erworben wurde, hervorgegangen. Ihre Bedeutung begann in den 70er Jahren, wo sie die von Collmann herrührende Ventilsteuerung aufnahm und die Ventilmaschine gemeinsam mit dem Erfinder zu großer Vollkommenheit entwickelte. Unter der Leitung von A. Behnisch entwickelte sich dann in den 80er und 90er Jahren die Görlitzer Maschinenbauanstalt zu einer der größten Dampfmaschinenfabriken Deutschlands, deren Ruf auch weit über die deutschen Grenzen hinausgeht und ihren Erzeugnissen ein bedeutendes Absatzgebiet sichert. Besonders im Bau von großen Betriebsmaschinen, an deren Brennstoffausnutzung und Gleichmäßigkeit des Ganges die größten Anforderungen gestellt werden, hat sie Großes geleistet.

In der Provinz Sachsen entwickelte sich Magdeburg zum Mittelpunkt der Industrie. Die heutige Maschinenfabrik Buckau, Aktiengesellschaft, in Magdeburg gehört mit zu den ältesten großen Dampfmaschinenfabriken Deutschlands. Manche hervorragende Ingenieure sind hier tätig gewesen und haben hier den Grund zu ihrer späteren fruchtbaren Tätigkeit gelegt. Die Fabrik wurde 1838 von der vereinigten Hamburg-Magdeburger Dampfschiffahrtskompanie, die ein Jahr vorher entstanden war, gegründet. Zunächst hatte man vor, zwei Dampfschiffe zu bauen; 1837 aber beschloß man neben der Reederei auch eine Maschinenfabrik zu errichten, um die Reparaturen an den Dampfmaschinen auszuführen. Man setzte das Gründungskapital auf 20000 Taler, das man in 8000 Aktien à 25 Taler ausgab, fest. 1838 wurde die Fabrik in Betrieb genommen und die technische Leitung dem Ingenieur Alfred Tischbein übertragen.

Tischbein¹⁾ hatte längere Zeit unter Roentgens Leitung in Fijenoord gearbeitet und hier auch die ersten Verbundmaschinen ausgeführt.

Noch im Gründungsjahre konnte die Fabrik erweitert werden. Das erste Schiff, das in Buckau gebaut wurde, hieß „Magdeburg“.

Mitte der 40er Jahre begann sich die Tätigkeit der Fabrik besonders dem Dampfmaschinenbau und allgemeinen Maschinenbau zuzuwenden. Gleichzeitig mit Tischbein arbeitete der geniale Brami Andreae von 1837 an in Buckau.

Andreae, 1819 in Frankfurt a. M. geboren, besuchte 1837 die polytechnische Schule in Karlsruhe, arbeitete in Sterkrade praktisch und wurde dann, nachdem er England und Österreich besucht hatte, 1837, von Tischbein zum Vorsteher des Konstruktionsbureaus berufen.

Außer dem Dampfmaschinenbau wurde von der Buckauer Maschinen-

¹⁾ Von Buckau ging er später nach Rostock und gründete die noch heute bestehende Schiffswerft und Maschinenbauanstalt Neptun. Anfangs ließ er von dort auch noch die ersten Schiffsmaschinen in Buckau ausführen.

fabrik der Bau von Brennereien und Zuckerfabriken aufgenommen. Besonders auf dem letzten Gebiet leistete Andreae ganz Hervorragendes. Doch alles das genügte ihm noch nicht. Auch Lokomotiven, Walzwerkeinrichtungen, große Wasserhaltungsmaschinen und oft höchst originelle Werkzeugmaschinen für den eigenen Bedarf entwarf er.

Das Jahr 1848 brachte auch für Buckau eine große wirtschaftliche Krisis. Tischbein gab 1851 seine Stellung auf; auch Andreae verließ Buckau und ging auf zwei Jahre nach den Vereinigten Staaten, um den dortigen Dampfmaschinenbau gründlich kennen zu lernen. Von da ging er nach Mexiko, um dort eine Zuckerfabrik in großem Maßstabe einzurichten. Hier machte er trübe Erfahrungen mit seinen Geschäftsteilhabern, deren Gewissenslosigkeit er nicht gewachsen war. Wieder nach den Vereinigten Staaten zurückgekehrt, arbeitete er dort als Zivilingenieur und wurde dann als Direktor nach Magdeburg berufen.¹⁾

Andreae entfaltet hier eine großartige Tätigkeit; unter seiner Leitung entwickelte sich die Buckauer Maschinenfabrik außerordentlich.

Großes Verdienst erwarb sich Andreae durch die Einführung der Corliss-Maschine in Europa. Er hatte den Erfolg dieser Maschine in Amerika beobachten können, weshalb er eine Originalmaschine von Corliss nach Buckau schicken ließ und sofort den Bau dieser ersten „Präzisionsmaschinen“ begann. Zunächst lieferte er sie für einige Zuckerfabriken. Wenn man weiß, wie sehr in England und Deutschland, auch in der Fachliteratur, gegen die Corliss-Maschine gekämpft wurde, wird man die Ausdauer Andreaes und seinen weiten Blick nur bewundern können.²⁾

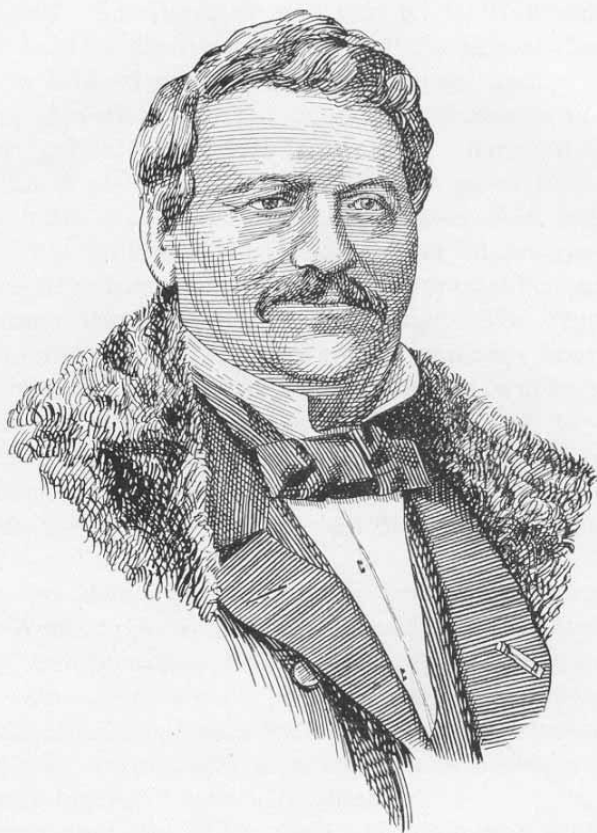
1884 ging der Betrieb der Vereinigten Hamburg-Magdeburger Dampfschiffahrtskompanie an die deutsche Elbschiffahrtsgesellschaft „Kette“ über. Die Maschinenfabrik führt seitdem als selbständiges Unternehmen den Namen Maschinenfabrik Buckau, Aktiengesellschaft in Magdeburg.

In Pommern entstand 1838 in Stettin die erste Eisengießerei unter dem Namen „Stettiner Eisengießerei“. Eine Dampfmaschine von 8 PS für ein Zylindergebläse war ihre erste Dampfmaschine. Diese Anlage kauften 1840 Sydell und von Würden, die bereits 1837 auf dem Bleichholm die erste Maschinenfabrik und Kesselschmiede, verbunden mit der privilegierten Ankerschmiede, die schon unter Friedrich II. gegründet wurde, erbaut hatten. Von ihnen ist die erste Dampfmaschine in Pommern erbaut worden. Später wurde die Maschinenfabrik nach Grabow verlegt und hier wurden besonders Betriebsdampfmaschinen erbaut. 1854 ging sie in den Besitz von Möller & Holberg über und wurde 1872 in eine Aktiengesellschaft umgewandelt.³⁾

¹⁾ In der Zwischenzeit war hier Hermann Gruson tätig gewesen, der aber inzwischen eine eigene Fabrik gegründet hatte, die er zu so großer Entwicklung bringen sollte.

²⁾ Andreae starb am 6. Mai 1875. Einen ausführlichen und sehr warm gehaltenen Nachruf hat ihm Otto H. Mueller sen., der auch unter seiner Leitung gearbeitet hat, gewidmet.

³⁾ s. Festschrift zur Hauptvers. d. V. d. Ing. Stettin 1885.



Richard Hartmann

geb. 8. Nov. 1809, gest. 6. Dez. 1878

Zu besonderer Bedeutung brachte es der von den Schlossern Fürchte-
nicht und Brock gegründete Vulcan.

In der Provinz Preußen wurde die erste Dampfmaschinenfabrik 1837
von F. Schichau in Elbing gegründet.¹⁾

Im Königreich Sachsen, dem heute industriereichsten Staate Deutsch-
lands entstand die größte Dampfmaschinenfabrik in Chemnitz. Die erste
Dampfmaschine in Chemnitz wurde anfangs der 20er Jahre in einer Spin-
nerei in Betrieb gesetzt. In Chemnitz selbst erbaut wurden die ersten
Dampfmaschinen 1836 von Borchart und von K. G. Haubold. Haubolds
Fabrik ging aber bald in die Aktiengesellschaft Sächsische Maschinenbau-
kompanie über, die Ende der 40er Jahre in Konkurs kam.

Das Verdienst, den Maschinenbau in großem Maßstabe in Sachsen be-
gründet zu haben, gebührt Richard Hartmann, der, am 8. November
1809 zu Barr in Elsaß als Sohn eines Weißgerbers geboren, das Schmiede-
handwerk erlernt hatte und 1832 auf seiner Wanderschaft nach Chemnitz
gekommen war. 1837 eröffnete Hartmann in der Annabergerstraße eine
Werkstatt mit drei Arbeitern. Anfangs war er hauptsächlich mit Reparatur
und Bau von Baumwollspinnmaschinen beschäftigt. Von 1840 an begann
sich das kleine Unternehmen sehr zu entwickeln und 1845 konnte es schon
350 Arbeiter beschäftigen. Die erste Dampfmaschine wurde 1841 erbaut.
Elsässische Vorbilder waren zuerst maßgebend.²⁾

Es war eine Bockmaschine mit obenliegender Kurbelwelle und Schwung-
rad, die den Dampfmaschinen des großen elsässischen Konstrukteurs
J. Meyer genau nachgebildet, auch mit dem Meyerschen Expansionsventil
ausgerüstet war.

1845 wurden auf dem von der Fabrik noch heute eingenommenen
Grundstück neue Werkstätten erbaut. 1857, nachdem man auch den Werk-
zeugmaschinenbau aufgenommen hatte, waren 2000 Arbeiter beschäftigt,
10 Jahre später schon 2700 Arbeiter und 170 Beamte. 1870 wurde die
Firma in Sächsische Maschinenfabrik vormals Richard Hartmann A.-G. um-
gewandelt. Die Werke wurden sehr erweitert. Ende der 80er Jahre wurde
auch der Dampfmaschinenbau sehr vergrößert.

Hartmann starb am 6. Dezember 1878. Mit ihm war wieder einer der
größten und erfolgreichsten deutschen Unternehmer dahingegangen. Seine
Werke, die jetzt mit einem Aktienkapital von 12 Mill. Mark arbeiten,
beschäftigten 1901: 325 Beamte und 4850 Arbeiter, die jährlich Maschinen
und Kessel im Werte von 14 bis 15 Mill. Mark herstellen. Bis Ende Juni
1905 sind von den Werken 2913 Lokomotiven, 2116 Dampfmaschinen, 3611
Dampfkessel, 331 Dampfhammer und viele andere Maschinen für andere
Gebiete geliefert worden. Seit Bestehen der Aktiengesellschaft sind

¹⁾ Über Vulcan und Schichau s. S. 199 u. 200.

²⁾ Auch die Schrift auf den ersten Zeichnungen ist noch französisch.

Maschinen im Werte von fast 356 Mill. Mark aus den Werken hervorgegangen, die Hartmann vor 68 Jahren in so bescheidenem Umfange begründet hatte.

Eine zweite Dampfmaschinenfabrik in Chemnitz entstand durch August Götze, der 1839 zuerst als Teilhaber mit Richard Hartmann zusammen gearbeitet hatte, dann aber 1842 mit seinen Verwandten Theodor und Ernst Wiede eine Fabrik gründete, die sich frühzeitig im Dampfmaschinenbau einen guten Namen machte. Von ihr wurden auch die ersten liegenden Dampfmaschinen in Chemnitz erbaut. Auch sie ist später unter den Namen „Theodor Wiede, Maschinenfabrik“ in eine Aktiengesellschaft umgewandelt worden.

Im Jahre 1837 wurde in Übigau bei Dresden unter Leitung des Regierungsrates Schubert das für die eben gegründete Sächsische Dampfschiffahrtsgesellschaft bestimmte Dampfschiff „Königin Maria“ erbaut. Die Werkstätte, in der dieser erste in Deutschland erbaute Elbdampfer entstand, ging später ein. In den 70er Jahren entwickelte sich aber wieder hier eine kleine Schiffswerft, die dann 1877 von der „Kette“ übernommen wurde. In diesen Werkstätten wurden bald außer Schiffsmaschinen auch ortsfeste Dampfmaschinen und Dampfkessel hergestellt.

In Leipzig gründete 1867 Ph. Swiderski eine Maschinenfabrik, die Mitte der 70er Jahre auch den Dampfmaschinenbau aufnahm und bereits damals Verbundmaschinen für Landanlagen mit Erfolg ausführte. 1894 wurden die Werke in eine Aktiengesellschaft umgewandelt.

In Süddeutschland wurde der Dampfmaschinenbau, vor allem in Nürnberg, Augsburg, München und Stuttgart gepflegt.

In Augsburg begann der Dampfmaschinenbau zunächst in der „C. Reichenbachschen Maschinenfabrik“, die von 1845 an einzelne kleine Dampfmaschinen liegender und stehender Anordnung baute. Für größere Maschinen war zuerst kein Bedürfnis vorhanden, die Kohlen waren sehr teuer, und die Wasserkräfte reichten vollkommen aus. Erst mit dem Bau von Eisenbahnen nahm auch hier der Dampfmaschinenbau größeren Umfang an. Um Mitte der 50er Jahre konnten schon recht große Maschinen für die Spinnereien in Augsburg geliefert werden.

In der Maschinenfabrik Augsburg, die aus der C. Reichenbachschen Fabrik sich entwickelt hatte, gewann der Dampfmaschinenbau Ende der 50er Jahre große Bedeutung. Das Absatzgebiet der Maschinenfabrik war zunächst vorwiegend Süddeutschland, dessen hohe Kohlenpreise dazu zwangen, auf möglichst gute Ausnutzung des Brennstoffes bei Dampfmaschinenbetrieb hohen Wert zu legen. Genaue Untersuchungen der Maschinen, sorgfältige Versuche waren deshalb hier schon frühzeitig üblich, und die Maschinenfabrik war gezwungen, wenn sie ihr Absatzgebiet erhalten wollte, technisch vorzügliche Dampfmaschinen zu liefern. Anfang der 70er Jahre nahm sie nach dem Vorgang von Gebrüder Sulzer, mit größtem Erfolg den Bau von Ventilmaschinen auf.

Nicht zum mindesten den vorzüglichen Ausführungen der Maschinenfabrik Augsburg ist der große Ruf des deutschen Dampfmaschinenbaues im Auslande zu verdanken. Heute ist die Maschinenfabrik Augsburg mit der Maschinenbaugesellschaft Nürnberg, einer der ältesten bayrischen Maschinenfabriken, in einem gemeinsamen Werke vereinigt.

Die Maschinenbaugesellschaft Nürnberg wurde 1838 von Johann Friedrich Klett, einem Nürnberger Großkaufmann, der am 7. Februar 1778 in Thüringen geboren war, gegründet. Auch hier war es wieder die Eisenbahn, die das Unternehmen in erster Linie veranlaßte und auch zu Anfang die nötige Arbeit der neuen Fabrik verschaffte. Als erste Betriebskraft genügte ein Pferdegepöpel, um die wenigen Drehbänke und Bohrmaschinen zu betreiben.

Durch den Engländer Wilson, der mit der ersten Lokomotive, dem „Adler“ nach Nürnberg gekommen war, gewann Klett einen englischen Ingenieur Duncan, dem er die technische Leitung übertrug. Da dieser den an ihn gestellten Anforderungen nicht gewachsen war, wurde er sehr bald entlassen, und zwei andere Engländer, der Maschinenbauer Earnshaw und der Mühlenbauer Hooker, traten an seine Stelle, die auch noch einen ihrer Freunde, namens Rye, der bei Escher Wyß in Zürich als Eisengießer arbeitete, bewogen, in das Klettsche Unternehmen einzutreten. Klett bildete nun mit den drei Engländern eine Fabrikgesellschaft unter der Firma Klett & Co., ein Name, der heute noch am Ort und in der alten Kundenschaft nicht ausgestorben ist.

Earnshaw entwarf die erste Dampfmaschine. 1847 konnten schon 50pferdige Maschinen ausgeführt werden. Im gleichen Jahre starb auch der Gründer Klett, die Leitung ging an seinen Schwiegersohn Theodor Cramer-Klett über. Unter ihm dehnte sich das Unternehmen bedeutend aus.

Die Verbindung mit den englischen Ingenieuren hörte schon 1848 auf. Die technische Leitung übernahm in dem gleichen Jahre der damalige Maschinenmeister der Königlichen Betriebswerkstätten in Nürnberg, Ludwig Werder, der es in ganz ausgezeichnete Weise verstand, die einzelnen Fabrikationszweige weiter zu entwickeln. Der Dampfmaschinenbau stand lange Zeit unter der Leitung Hilperts. Einen besonderen Aufschwung nahm der Dampfmaschinenbau durch die Tatkraft des heutigen Leiters der Werke, Rieppel, auf dessen Anregung hin auch in der Nähe Nürnbergs große, neuzeitig eingerichtete Fabriken erbaut wurden. 1898 konnten sie bezogen werden, im gleichen Jahre fand dann die Vereinigung mit der Maschinenfabrik Augsburg statt.

In München fand besonders der Lokomotivbau eine Heimat. Hier war 1841, in demselben Jahre wie bei Borsig, aus der Maschinenfabrik von J. A. Maffei die erste Lokomotive „Der Münchner“ hervorgegangen. Schon 1864 konnte die 500. Lokomotive abgeliefert werden. Maffei hatte sich auch 1851 an dem von Österreich ausgeschriebenen Wettbewerb für den Bau von Berglokomotiven beteiligt und mit der riesigen „Bavaria“ den ersten Preis von 20000 österreichischen Dukaten davon getragen.

Eine zweite Lokomotivfabrik in München gründete 1866 Georg Krauß. Die großen Verdienste, die Krauß sich erworben hat, liegen besonders auf dem Gebiete der Lokal- und Kleinbahn, für die er es verstand, vorzüglich konstruierte Lokomotiven zu bauen. 1887 wurde das von ihm als Kommanditgesellschaft gegründete Unternehmen in die Aktiengesellschaft Lokomotivfabrik Krauß & Co. übergeführt.

In dem linksrheinischen Bayern, der Pfalz, entwickelte sich zu einer der bedeutendsten Dampfmaschinenfabriken ganz Deutschlands die bereits 1826 als mechanische Werkstatt gegründete Dingersche Maschinenfabrik in Zweibrücken. Damals genügte 8 bis 10 Arbeiter, um kleinere Mühleneinrichtungen zu schaffen und Handbuchdruckpressen herzustellen. 1834 erwarb der Mechanikus Christian Dingler das Gut „Schönhof“, auf dem noch heute die Fabrik steht. 1838 konnte die Gießerei eröffnet und auch die erste Betriebsdampfmaschine in Gang gesetzt werden.

„Wenngleich von den sämtlichen Nachbarn des Fabrikinhabers Einspruch erhoben wurde, weil sie einen Nachteil für ihre angrenzenden oder benachbarten Gärten und Häuser durch Verunreinigung mittels Steinkohlendampfes und Rußes und eine Wertsminderung ihres Eigentums befürchteten,“ heißt es in der Entschließung der Königlichen Regierung vom 18. September 1838, „so wurden die vorgebrachten möglicherweise entstehenden Inkonvenienzen und Unbequemlichkeiten als nicht geeignet betrachtet, die Königliche Regierung zu bestimmen, dem Dingerschen Etablissement denjenigen Schutz zu entziehen, auf welches ein dem Land nützlich industrielles Etablissement mit Recht Anspruch machen kann.“

Der eigentliche Bau von Dampfmaschinen und Dampfkesseln wurde in den 40er Jahren aufgenommen. Es waren damals etwa 80 Arbeiter beschäftigt; heute sind 700 Arbeiter und Beamte tätig. Ein großer Brand zerstörte 1853 die Fabrik, aber es gelang, sie in sechs Wochen wieder aufzubauen und in Betrieb zu nehmen. Ende der 60er und Anfang der 70er Jahre war hier als erster Konstrukteur auch Ehrhardt tätig, der nachher Mitte der 70er Jahre in Saarbrücken mit Sehmer sich selbständig machte und seinen Dampfmaschinen besonders im Bergbau und Hüttenwesen ein großes Absatzgebiet eroberte. Die Dingersche Fabrik trat mit vorzüglichen Maschinen bereits auf den Ausstellungen in London 1862, Paris 1867 und Wien 1873 auf. 1872 und 1895 wurden die Werke wieder sehr bedeutend erweitert, und der Dampfmaschinenbau wurde immer mehr das Hauptarbeitsgebiet der Firma. 1899 waren über 3000 Dampfmaschinen und über 4400 Dampfkessel aus der Fabrik hervorgegangen. 1897 wurde die Firma in eine Aktiengesellschaft umgewandelt.

In Württemberg wurde der Dampfmaschinenbau von Gotthilf Kuhn eingeführt, der am 22. Juni 1819 in Grafenberg als Schulmeistersohn geboren, das Schlosserhandwerk erlernt und dann in Berlin bei Hoppe sich zum Werkführer emporgearbeitet hatte. 1852 kehrte er in die Heimat zurück und gründete hier, in Stuttgart-Berg, an derselben Stelle, wo heute noch die Fa-

brik sich befindet, die Firma „G. Kuhn, Maschinen- und Kesselfabrik, Eisen- und Gelbgießerei“. Mit etwa 30 Arbeitern und einer kleinen Dampfmaschine von 4 bis 6 PS begann er seine Maschinenfabrik, der er auch noch in demselben Jahre eine Kesselschmiede hinzufügte. 1857 wurde auch eine Gießerei angelegt. 1859 konnte Kuhn bereits 249 Beamte und Arbeiter beschäftigen, eine Zahl, die bis 1900 auf 1246 stieg. In der ersten Zeit konnte Kuhn fast ohne jeden Wettbewerb arbeiten. Die Geschäftslage war sehr günstig. Hauptsächlich lieferte er Betriebsmaschinen für die überall entstehenden Fabriken.

Nachdem Kuhn am 24. Januar 1890 gestorben war, ging das Unternehmen an seinen Sohn Ernst über, nach dessen auch schon frühzeitig erfolgtem Tode die Maschinenfabrik mit der zu Eblingen vereinigt wurde.

In Karlsruhe in Baden wurde von Emil Keßler 1836 eine Maschinenfabrik gegründet und 1847 noch unter Keßlers Leitung in eine Aktiengesellschaft, die Maschinenfabrik Karlsruhe, umgewandelt.

In Ludwigshafen stehen die großen deutschen Werkstätten von Gebrüder Sulzer-Winterthur, und in Mannheim ist der Name Heinrich Lanz durch die von ihm zu hoher Blüte entwickelte Lokomobilfabrik, aus der besonders für landwirtschaftliche Zwecke viele Lokomobile hervorgegangen sind, eng mit dem deutschen Dampfmaschinenbau verknüpft.

Die erste Maschinenfabrik, die in Deutschland sich ausschließlich mit dem Bau von Lokomobilen beschäftigte und es auf diesem Gebiete zu Weltruf brachte, wurde 1861 von R. Wolf in Magdeburg-Buckau begründet. Wolf, der bei Hoppe und später auch bei Kuhn Konstrukteur gewesen war, verstand es, auch in seinem eigenen Werken Konstruktionen zu schaffen, durch die er die Lokomobile zu einer leistungsfähigen Betriebsmaschine, nicht nur für die Landwirtschaft, sondern auch für industrielle Zwecke aller Art machte.

Die Industrie Rheinlands und Westfalens und des Siegener Landes, in den letzten Jahrzehnten zu immer größerem Umfange angewachsen, begünstigte durch ihren riesigen Kraftbedarf naturgemäß die Entwicklung des Dampfmaschinenbaues. Die alten Dampfmaschinenfabriken erhöhten ihre Leistungsfähigkeit; andere nahmen den Dampfmaschinenbau neu auf; auch neue Fabriken, die den Bau von Dampfmaschinen zur Hauptsache machten und durch vorzügliche Konstruktionen sich in kurzer Zeit einen großen Ruf erwarben, entstanden.

In Köln entstand in den 50er Jahren aus dem Bedürfnis des sich immer mehr entwickelnden Eisenbahnwesens heraus die Kölnische Maschinenbau-Aktiengesellschaft, die besonders Dampfmaschinen für das Berg- und Hüttenwesen in größerer Zahl geliefert hat. Auf dem gleichen Gebiet begann später sich auch die Maschinenfabrik Humboldt in Kalk bei Köln zu betätigen, die seit 1897 auch den Lokomotivbau aufgenommen hat.

In Düsseldorf nahm Anfang der 60er Jahre Haniel & Lueg den Bau von Dampfmaschinen vorwiegend für das Berg- und Hüttenwesen auf. Zu

besonderer Bedeutung brachte es unter Cl. Kießelbachs Leitung der Dampfmaschinenbau in der auch Anfang der 90er Jahre begründeten Firma von Sack & Kießelbach in Rath bei Düsseldorf, die ebenfalls im Berg- und Hüttenwesen ihr Hauptabsatzgebiet hat. In Duisburg, Rheydt, München-Gladbach, Dortmund und Barmen sind ebenfalls leistungsfähige Dampfmaschinenfabriken entstanden.

Von den ältesten Fabriken, die seit vielen Jahrzehnten den Dampfmaschinenbau erfolgreich betrieben haben, seien noch Neumann & Esser in Aachen, die Eschweiler Maschinenbau-Aktiengesellschaft zu Eschweiler Aue, sowie die Fabrik K. & Th. Möller in Brackwede genannt.

Im Siegener Industriebezirk ist in den 50er Jahren aus einer kleinen Ofengießerei die heutige bedeutungsvolle Dampfmaschinenfabrik von Gebrüder Klein in Dahlbruch hervorgegangen. Aus den 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts stammt die heutige Siegener Maschinenbau-Aktiengesellschaft vorm. A. & H. Oechelhaeuser. Anfangs war sie nur als Reparaturwerkstätte für die Papierfabrik der Firma Johannes Oechelhaeuser gedacht. Um 1850 begann man auch den Dampfmaschinenbau aufzunehmen, der es in den nächsten Jahrzehnten, dank vorzüglicher Konstruktionen besonders für Gebläsemaschinen, zu hoher Bedeutung brachte und schließlich den Bau von Maschinen für Papierfabriken ganz unterdrückte; die letzte Papiermaschine wurde 1883 geliefert.

In Hannover begründete den Dampfmaschinenbau der große deutsche Unternehmer Georg Egestorff, der, am 7. Februar 1802 geboren, viele hervorragende Unternehmungen in und um Hannover ins Leben gerufen hat. Die Dampfmaschinenfabrik und Eisengießerei in Linden entstand durch seine Tatkraft bereits 1835. 1846 konnte die erste Lokomotive „Ernst August“ aus ihr hervorgehen. Unter seiner Leitung sind in den von ihm gegründeten Fabriken über 1400 Arbeiter beschäftigt worden. Egestorff starb am 27. Mai 1868; er besonders hat das in Industrie und Gewerbe zurückgebliebene Land auf diesem Gebiete in großartigster Weise gefördert.

Von 1834 bis 1838 entstanden im Hannöverschen nicht weniger als 300 neue Fabriken. 1833 gab es noch nicht eine Dampfmaschine in den Fabrikbetrieben; 1838 waren schon in 19 Fabriken Dampfmaschinen im Gang. Bis 1838 wurden die Dampfmaschinen allein von Egestorff gebaut, von ihm wurde auch 1856 die erste hannöversche Schiffsmaschine hergestellt. Die heutige Hannöversche Maschinenbau-Aktiengesellschaft vormals G. Egestorff hat es verstanden auf allen Gebieten des Dampfmaschinenbaues ihren guten Ruf zu erhalten. Eine große Zahl der verschiedensten Betriebsmaschinen ist aus ihr hervorgegangen, und nicht minder Bedeutendes hat sie im Lokomotivbau geleistet.

1856 wurde in Hannover die Maschinenfabrik und Eisengießerei von A. Knoevenagel errichtet, die auch heute noch im Dampfmaschinenbau

hervorragend tätig ist. Ihr Gründer A. Knoevenagel hatte in den 40er Jahren mit Hermann Gruson zusammen bei Egells in Berlin gearbeitet.

Die Maschinenfabrik von Henschel & Sohn in Kassel gehört heute zu den größten Lokomotivfabriken Deutschlands. 1899 konnte sie bereits ihre 5000ste Lokomotive dem Betrieb übergeben.

Die Entstehungsgeschichte des Werkes geht weit zurück. Ihre Gründer entstammen einer Glocken und Stückgießerfamilie, die dieses Gewerbe schon in ältester Zeit betrieb. 1777 siedelte die Familie von Gießen nach Kassel über. Henschel war dort fürstlicher Stückgießer und Brunnenmeister. Die Fremdherrschaft machte seine wirtschaftliche Lage sehr traurig; aber seine beiden Söhne unterstützten ihn. Besondere Bedeutung gewann für das Geschäft sein Sohn Carl Anton Henschel, der am 23. April 1780 geboren, die staatliche technische Laufbahn eingeschlagen hatte. 1817 trat er in das väterliche Geschäft ein; seitdem wurde der Maschinenbau das Hauptarbeitsgebiet der Firma, und nur noch nebenbei wurde die Glocken- und Stückgießerei betrieben. Das Jahr 1817 kann deshalb auch als das Gründungsjahr der Henschelschen Maschinenfabrik angesehen werden. C. A. Henschel verstand es, die Fabrik zu einer neuzeitlichen Maschinenfabrik umzuwandeln. Auf den verschiedensten Gebieten der Technik, unter anderem auch im Dampfkesselbau hat sein schöpferischer Geist für neue Aufgaben neue Lösungen gefunden. Sein Sohn und seine Enkel haben das Werk in seinem Sinne weitergeleitet und es zu der heutigen großen Ausdehnung und großer Bedeutung emporgeführt.¹⁾

Entwicklung der Schifffahrt und des Schiffsmaschinenbaues.

Neben dem Lokomotivbau und dem allgemeinen Dampfmaschinenbau hat sich besonders in den letzten Jahrzehnten in dem aufblühenden deutschen Reich die Dampfschifffahrt und der Schiffsmaschinenbau zu ganz besonderer Höhe entwickelt.

Schon in den 20er Jahren des vorigen Jahrhunderts begann man wieder, trotz der einige Jahre vorher erlebten Mißerfolge, sich lebhaft für die Dampfschifffahrt zu interessieren.

1825 wurden mit Hilfe der niederländischen Dampferverbindung schon über 17 000 Ztr. Waren nach Köln befördert. Im gleichen Jahre entstand

¹⁾ Wie schon vorher erwähnt, liegt es nicht im Rahmen der vorliegenden Arbeit, eine vollständige Aufzählung aller Dampfmaschinenfabriken in Deutschland zu geben. Die Ausstellungsberichte, die Inserate in den technischen Zeitschriften geben noch weitere Namen von den etwa 180 Betrieben, die sich heute mit Dampfmaschinenbau beschäftigen. Geschichtliche Angaben über Entstehung und Wachstum der bedeutungsvolleren Fabriken wären sehr erwünscht. Vielleicht ließen sich Jubiläumsschriften gerade nach dieser Richtung hin eingehender gestalten.

für den Schiffahrtsbetrieb zwischen Nymwegen und Köln die Niederländische Dampfschiffahrtsgesellschaft. 1826 wurden auch die Satzungen der Rheinpreußischen Dampfschiffahrtsgesellschaft zu Köln von der Regierung genehmigt. Die Kölner Gesellschaft eröffnete am 1. Mai 1827 mit dem von der Niederländischen Dampfschiffahrtsgesellschaft erbauten Dampfer „Concordia“ den Betrieb. 1836 erwuchs der Kölner Gesellschaft in der Dampfschiffahrtsgesellschaft für den Nieder- und Mittelrhein ein Wettbewerb, der in Düsseldorf seinen Sitz hatte. 1853 schlossen sich die beiden Gesellschaften zum gemeinsamen Betrieb zusammen.

Neben dem Personenverkehr entwickelte sich immer riesiger der Güterverkehr. Große Schlepsschiffahrtsgesellschaften entstanden, und die alten Betriebsarten mit Segelschiffahrt, Leinenzug und Pferdebetrieb waren dem Untergang geweiht. Das ging nicht ohne Kampf, denn viele Menschen bangten um ihren Broterwerb. Aber es nützte nichts, daß man 1848 Schlepptoote sogar beschoß und in Mainz und Köln heftige Tumulte ausbrachen.¹⁾

Nach und nach erst sahen auch die Schiffer ein, daß es nicht möglich war, der großen Verkehrsmacht erfolgreich Widerstand zu leisten. Am Beginn dieses Jahrhunderts waren auf dem Rhein bereits 600 deutsche Dampfer mit 150 000 PS neben 465 ausländischen Dampfern mit 60 000 PS im Betrieb.

Im Schiffsbau und Schiffsmaschinenbau für die Flußdampfer betätigte sich am Rhein vor allem die Gutehoffnungshütte und anfangs an der Elbe die Sächsische Dampfschiffahrtsgesellschaft in Zusammenarbeit mit der Maschinenfabrik von Egells. Wie schon erwähnt, arbeitete dann hier mit viel Erfolg die Buckauer Maschinenfabrik unter Tischbeins und Andreaes Leitung.

Zu großer Bedeutung auf diesem Gebiete brachte es auch die Sachsenbergsche Maschinenfabrik zu Roßlau an der Elbe, die im Jahre 1844 von den Brüdern Gottfried, Friedrich und Wilhelm Sachsenberg aus einer von ihrem Vater betriebenen Schmiede entwickelt wurde. Zunächst beschäftigten sich die Brüder Sachsenberg nur mit Reparaturen von Maschinen und landwirtschaftlichen Geräten für die nächste Umgebung. 1849 erbauten sie die erste Dampfmaschine von 4 PS. 1866 errichteten sie in Roßlau am Elbufer eine kleine Schiffswerft, um zunächst an kleineren Schiffen Reparaturen ausführen zu können. 1868 wurde schon der erste neue Raddampfer „Hermann“ erbaut und mit einer 40pferdigen Dampfmaschine ausgerüstet. Heute liefert die Fabrik, die jetzt auch in Deutz bei Köln eine Schiffswerft ihr eigen nennt, Flußdampfer jeder Größe. Mächtige Rheinschleppdampfer mit ihren mehr als 1000pferdigen

¹⁾ Ein kulturgeschichtlich interessantes Bild von der Einführung der Dampfschiffahrt auf dem Rhein gibt die Schrift von Otto Dresemann, Aus der Jugendzeit der Rheindampfschiffahrt, Köln 1903.



Ferdinand Schichau

geb. 30. Jan. 1814, gest. 23. Jan. 1896

Maschinen sind aus ihr hervorgegangen. Auch im Bau von Dampfbaggern hat sie bedeutendes geleistet.

Von anderen Firmen die noch für den Bau von Flußdampfern Bedeutung haben, sei die Gesellschaft „Kette“ in Übigau bei Dresden und Caspar Berninghaus in Duisburg genannt.

Die größten Schiffswerften und Schiffsmaschinenfabriken entstanden naturgemäß an der Nord- und Ostsee.

Diese bedeutsame Entwicklung trat erst ein als in dem neuen Deutschen Reich der Grundsatz aufgestellt wurde: die Kriegsschiffe sind aus heimischem Material auf heimischen Werften zu bauen. Zunächst fand aber die kaiserliche Marine mit ihren Bestellungen bei deutschen Schiffswerften noch wenig Nachahmung. Die deutschen Reedereien wollten vorerst nicht ihre langjährigen Geschäftsbeziehungen zu englischen Schiffbauern aufgeben; sie brauchten auch englisches Kapital noch zu notwendig. So war es den deutschen Werften lange Zeit nicht möglich, mit den Engländern im Bau der großen Ozeandampfer in Wettbewerb zu treten.

Von entscheidender Bedeutung war es dann, daß 1879 beschlossen wurde, alles Schiffbaumaterial zollfrei einzulassen, und daß in dem Dampfer-Subventionsgesetz vom 6. April 1885 bestimmt wurde: „In diese Linie einzustellende Dampfer müssen auf deutschen Werften gebaut sein.“ Jetzt kamen auch die großen Dampfschiffahrtsgesellschaften zu den deutschen Schiffswerften. Der Erfolg der ersten Aufträge war so günstig, daß dann auch ohne gesetzlichen Zwang die deutschen Schiffswerften größere Aufträge erhielten.

An der Ostsee gehört zu den ältesten und bedeutendsten Schiffswerften und Schiffsmaschinenfabriken Deutschlands die Firma F. Schichau.

Ferdinand Schichau, am 30. Januar 1814 in Elbing geboren, hatte das Königliche Gewerbeinstitut in Berlin besucht und dann beschlossen, obwohl er nur über sehr bescheidene Mittel verfügte, eine Maschinenfabrik in Elbing zu gründen, die er mit den stolzen Worten ankündigte:

„Maschinenbauanstalt. Unterzeichneter fertigt Dampfmaschinen, sowohl Wattsche Maschinen als Kondensationsmaschinen mit Expansion und Hochdruckmaschinen, eiserne Wasserräder jeder Art, Pferdegepöpel, hydraulische Pressen, Walzwerke, Apparate zum Abdampfen des Zuckers im luftverdünnten Raum usw., auch übernimmt derselbe, ganze Anlagen, als: Ölmühlen, Sägemühlen, Runkelrüben-Zuckerfabriken, einzurichten.

Elbing, den 4. Oktober 1837.

Altstädtische Wallstraße No. 10.

F. Schichau.“

Die Dampfmaschinen standen voran. So groß die Aufgabe auch war, die sich der junge Maschinenbauer gestellt hatte, sein großes technisches Können und sein kühner Unternehmungssinn besiegten alle Schwierigkeiten.

Später ging er noch weit über dieses gewiß schon große Programm hinaus. Er nahm den Bau von Lokomotiven auf, er baute eiserne Dampfschiffe, durch die er in wenigen Jahrzehnten sich einen Weltruf erwarb, besonders seit er 1877 mit dem Bau von Torpedobooten begonnen hatte. Am 23. Januar 1896 rief der Tod ihn aus dem weiten von ihm geschaffenen Tätigkeitsgebiet ab.

In Bredow bei Stettin wurde 1851 die heutige Stettiner Maschinenbau-A.-G. „Vulcan“ von zwei Schlossern, Fürchtenicht und Brock, die bei Wöhlert in Berlin gearbeitet hatten, gegründet. Ganz klein waren auch hier die Anfänge der heutigen Riesenbetriebe. Bald aber entwickelte sich die Werft und Maschinenfabrik so günstig, daß es den beiden Unternehmern gelang, sie schon 1857 in Gesellschaft mit sechs Stettiner und zwei Berliner Unternehmern sehr bedeutend zu erweitern. 1870 wurden schon 1800 Arbeiter beschäftigt; heute über 6000.

Die schnellsten Ozeandampfer der Welt sind aus diesen Werken hervorgegangen. In der Zeit von 1861 bis 1870 wurden noch hauptsächlich kleine Handelsschiffe erbaut. Der Gesamt-Tonnengehalt der in dieser Zeit erbauten Schiffe betrug 8304 t. Die Dampfmaschinen dieser Schiffe leisteten zusammen 10015 PS_i. In dem nächsten Jahrzehnt von 1871 bis 1880 begann der Kriegsschiffbau diese Zahlen schon wesentlich zu erhöhen. Der gesamte Tonnengehalt der Schiffe stieg auf 41942 t und die Maschinenleistung auf 38130 PS. Von 1881 bis 1890 machte sich dann der Bau der großen Ozeandampfer sehr bemerkbar. 1882 bestellte die Hamburger Paketfahrt die beiden größten bis dahin in Deutschland erbauten Personendampfer, die „Rugia“ und die „Rhaetia“ von je 3500 t, die eine beim Vulcan, die andere beim Reiherstieg. 1886 gab dann auch der Norddeutsche Loyd beim Vulcan die ersten großen Schiffe in Bau, bei der allerdings die Werke noch ein Lehrgeld in Form einer Unterbilanz von 1¹/₂ Mill. Mark zu zahlen hatten. Von 1881 bis 1890 wurden 62 Handelsdampfer mit 83176 t und 38 Kriegsschiffe mit 37191 t erbaut. Die gesamte Maschinenleistung betrug 142157 PS_i. Im letzten Jahrzehnt von 1891 bis 1900 betrug die Leistung der eingebauten Schiffsmaschinen nicht weniger als 287505 PS_i. Ein einziger der neuesten Riesendampfer verfügt über ebensoviel Pferdestärken wie die in der Zeit von 1871 bis 1880 erbauten Schiffsmaschinen zusammen hatten.¹⁾

Ebenfalls sehr bedeutend sind heute in Kiel die Howalds-Werke und vor allem die von Fried. Krupp in großartigster Weise ausgebaute Germania-Werft. In Hamburg wird der Schiffs- und Schiffsmaschinenbau durch Blohm & Voss und die Schiffswerft und Maschinenfabrik „Reiherstieg“ würdig vertreten. In Bremen ist die aus der Schiffswerft und Maschinenfabrik von C. Waltjen hervorgegangene Aktiengesellschaft „Weser“ mit diesem Industriezweig seit vielen Jahrzehnten beschäftigt.

¹⁾ s. Stettiner Maschinenbau-Aktiengesellschaft „Vulcan“, Engg. 1899, Bd. 2, S. 1.

Die Leistungen von 8 größeren Schiffsmaschinenfabriken in den Jahren 1898 bis 1900, in PS_i ausgedrückt, zeigt die folgende Zahlentafel:¹⁾

	1900	1899	1898
1. Vulcan Stettin	88 000	30 300	44 000
2. Blohm & Voss, Hamburg	21 600	20 600	15 150
3. Flensburger Schiffbau-Gesellschaft	14 700	14 210	11 300
4. F. Schichau, Elbing u. Danzig	102 000	14 960	73 760
5. Aktienges. Neptun, Rostock	7 550	6 750	4 300
6. Howalds-Werke Kiel	10 170	10 825	7 223
7. Bremer Vulkan, Vegesack	7 170	4 970	4 200
8. Reiherstieg, Schiffswerfte Hamburg	6 200	4 800	5 200

Zu den großen deutschen Privatunternehmungen in Schiffs- und Schiffsmaschinenbau kommen dann auch noch die drei kaiserlichen Werften in Danzig, Kiel und Wilhelmshaven, wovon besonders die beiden letzten für den Bau von großen Schiffen und Schiffsmaschinen hervorragend eingerichtet sind.²⁾

Nicht minder hat sich auch die deutsche überseeische Dampfschiffahrt in den letzten Jahrzehnten entwickelt. Die erste ständige überseeische Linie wurde 1847 durch die Hamburg-Amerikanische Packetfahrt-Aktiengesellschaft nach den Vereinigten Staaten von Amerika eingerichtet. Sie wurde zuerst noch mit Segelschiffen betrieben. 1851 begann der Norddeutsche Lloyd mit 4 Dampfern seine Fahrt. Noch in den 60er Jahren gelang es nicht, eine regelmäßige Linie nach Südamerika zu betreiben. Erst anfangs der 70er Jahre entstand die Hamburg-Südamerikanische Linie. Wie sich die deutsche Handelsflotte entwickelt hat, konnte bereits früher S. 85 Fig. 16 gezeigt werden.

Von der gesamten deutschen Dampferflotte kamen 1900 auf Hamburg 392 Dampfer mit 542 200 Reg.-Tons, auf Bremen 225 Dampfer mit 285 500 Reg.-Tons. Das war 50 v. H. der gesamten Dampferflotte und 79 v. H. der gesamten Dampfer-Tonnage.²⁾ Unter diesen Schiffen befanden sich die größten Ozeandampfer, von denen Deutschland schon damals über 20 Dampfer von mehr als 10 000 t besaß, mehr als irgend eine andere Nation der Erde.

1898 gab es bereits 12 große Dampfschiffahrtsgesellschaften in Hamburg, in Bremen 4. Die Schiffsgrößen sind sehr gewachsen. 1873 hatten die Dampfschiffe einen Durchschnittsraumgehalt von 558, Ende 1898 bereits 849 Reg.-Tons.

¹⁾ s. Schwarz und Halle, die Schiffbauindustrie, Berlin 1902.

²⁾ Deutschland besitzt heute 42 Werften an der Küste, darunter 24 für den Bau von mittleren und größeren Seeschiffen. Interessante Zahlen über englischen und deutschen Schiffbau, wobei 39 deutsche Schiffbauwerke aufgeführt werden, s. Z. d. V. d. Ing. 1900, S. 196 bis 199.

³⁾ s. deutscher amtlicher Katalog, Paris 1900, S. 205.

D) Statistische Übersicht über Dampfmaschinenbau und Dampfmaschinenverwendung.

Ortsfeste Dampfmaschinen und Lokomobile in Preußen. — Alter der Maschinen. — Verteilung auf die Regierungsbezirke Preußens. — Herkunft der Dampfmaschinen. — Verhältnis der einzelnen Kraftquellen in Deutschland zueinander.

Preußen besitzt die ausführlichste Dampfmaschinenstatistik; sie ermöglicht es, sich auch zahlenmäßige Vorstellungen von dem riesigen Anwachsen der Dampfmaschine nach Anzahl und Leistung und von ihrer Verteilung auf einzelne Bezirke und die verschiedenen Gewerbegruppen zu machen.

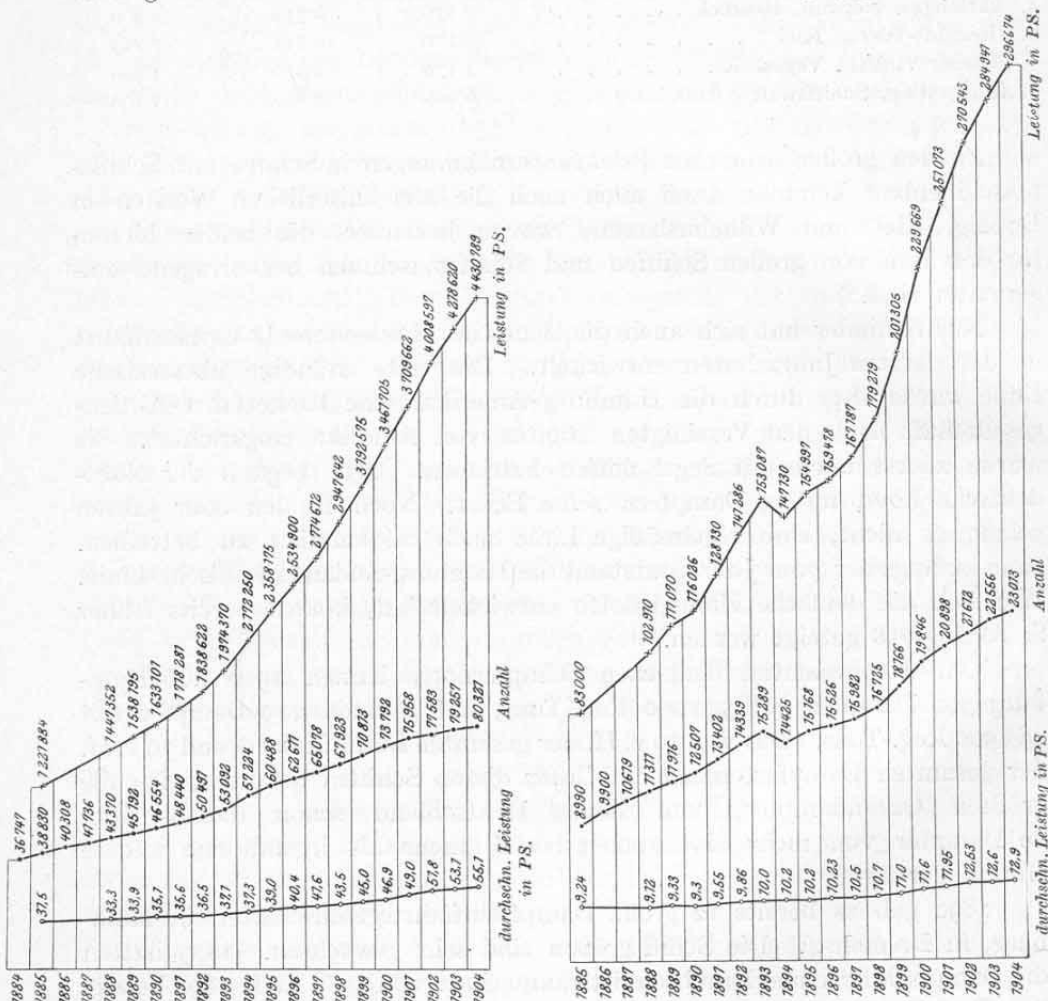


Fig. 22. Ortsfeste Dampfmaschinen in Preußen (1. Jan. 1884 bis 1. April 1904).¹⁾

Fig. 23. Lokomobile in Preußen (1. Januar 1885 bis 1. April 1904).¹⁾

1837 gab es in Preußen 419 ortsfeste Dampfmaschinen mit 3356 PS. Vor einem halben Jahrhundert (1855) zählte man 3049 Maschinen mit 61 945 PS, während 1903 Berlin allein über doppelt soviel PS, über

¹⁾ Zahlenangaben s. Statist. Korrespondenz, Berlin 1904, Nr. 42.

Fig. 22. Ortsteste Dampfschiffen in Preußen (1. Jan. 1884 bis 1. April 1904.¹⁾)

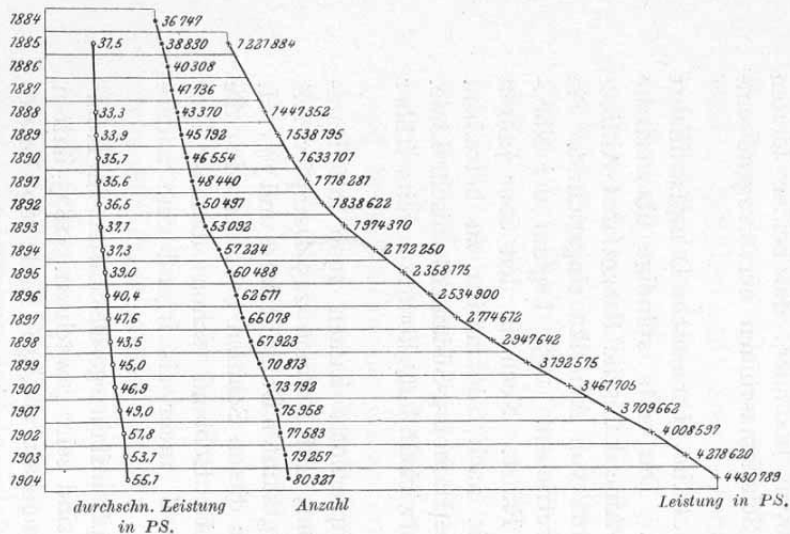
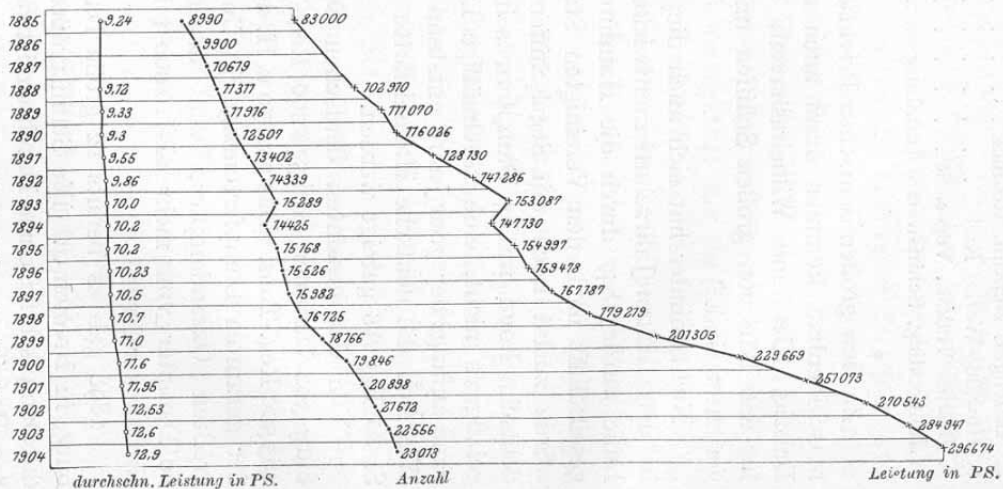


Fig. 23. Lokomobilen in Preußen (1. Januar 1885 bis 1. April 1904.¹⁾)



120 691 Dampfmaschinen PS, verfügte. 1877 stieg die Zahl der Dampfmaschinen in Preußen auf 29 895 und die PS auf 887 780, wobei allerdings der bedeutende Gebietszuwachs im Jahre 1866 berücksichtigt werden muß.

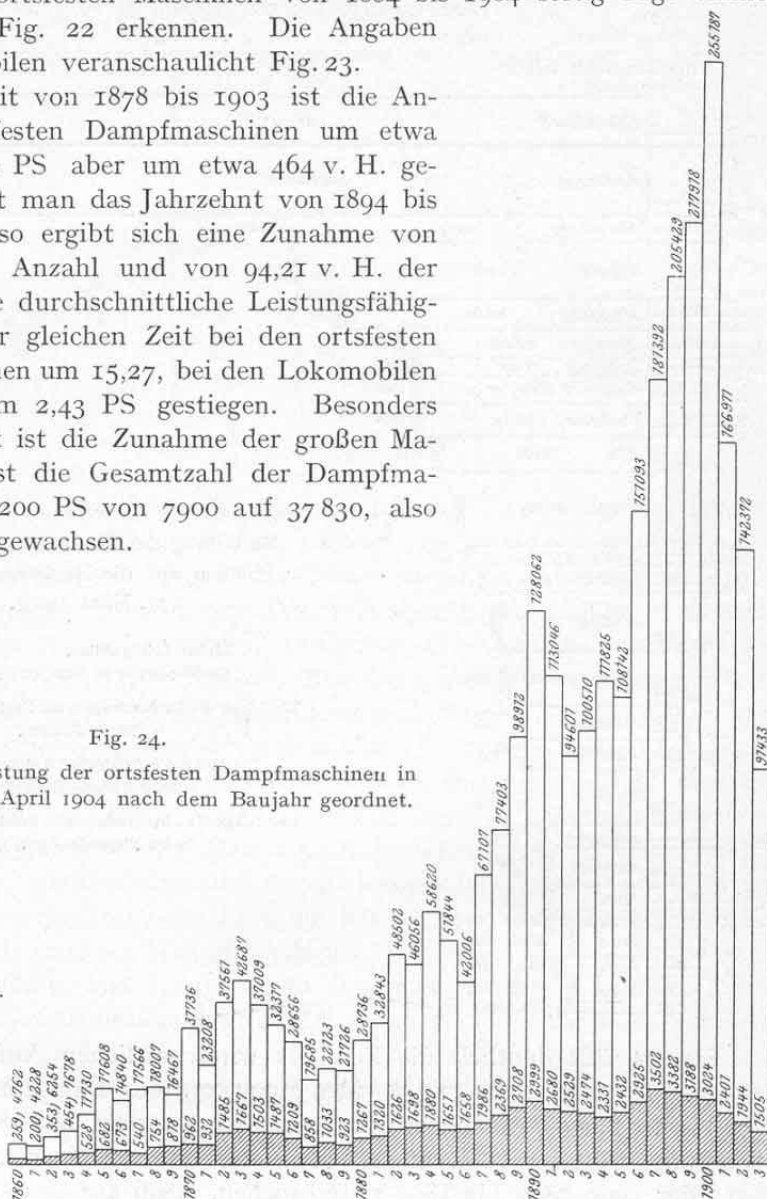
Wie die ortsfesten Maschinen von 1884 bis 1904 stetig zugenommen haben, läßt Fig. 22 erkennen. Die Angaben über Lokomobile veranschaulicht Fig. 23.

In der Zeit von 1878 bis 1903 ist die Anzahl der ortsfesten Dampfmaschinen um etwa 262 v. H., die PS aber um etwa 464 v. H. gestiegen. Greift man das Jahrzehnt von 1894 bis 1903 heraus, so ergibt sich eine Zunahme von 38,5 v. H. der Anzahl und von 94,21 v. H. der PS nach. Die durchschnittliche Leistungsfähigkeit ist in der gleichen Zeit bei den ortsfesten Dampfmaschinen um 15,27, bei den Lokomobilen jedoch nur um 2,43 PS gestiegen. Besonders bemerkenswert ist die Zunahme der großen Maschinen. So ist die Gesamtzahl der Dampfmaschinen über 200 PS von 7900 auf 37 830, also um 480 v. H. gewachsen.

Fig. 24.

Anzahl und Leistung der ortsfesten Dampfmaschinen in Preußen am 1. April 1904 nach dem Baujahr geordnet.

Leistung in PS.
Anzahl.



Über das Alter der ortsfesten Dampfmaschinen in Preußen gibt Fig. 27 Auskunft. Die entsprechende Figur für Lokomobile ist bereits auf S. 52 u. 53 gebracht worden.

¹⁾ s. Statist. Korrespondenz, Berlin 1903, Nr. 48, 1904, Nr. 21, Nr. 42.

Außerdem waren am 1. April 1904 noch im Betriebe:

aus den Baujahren	1851 bis 1860	1652	Dampfmaschinen mit	38 359 PS.
„ „ „	1840 „ 1850	258	„ „	4 642 „
„ „ „	1834 „ 1840	20	„ „	651 „
„ „ „	1822 „ 1830	5	„ „	125 „
„ „ „	1820	1	„ „	8 „
unbekannten Alters		5749	„ „	87 110 „

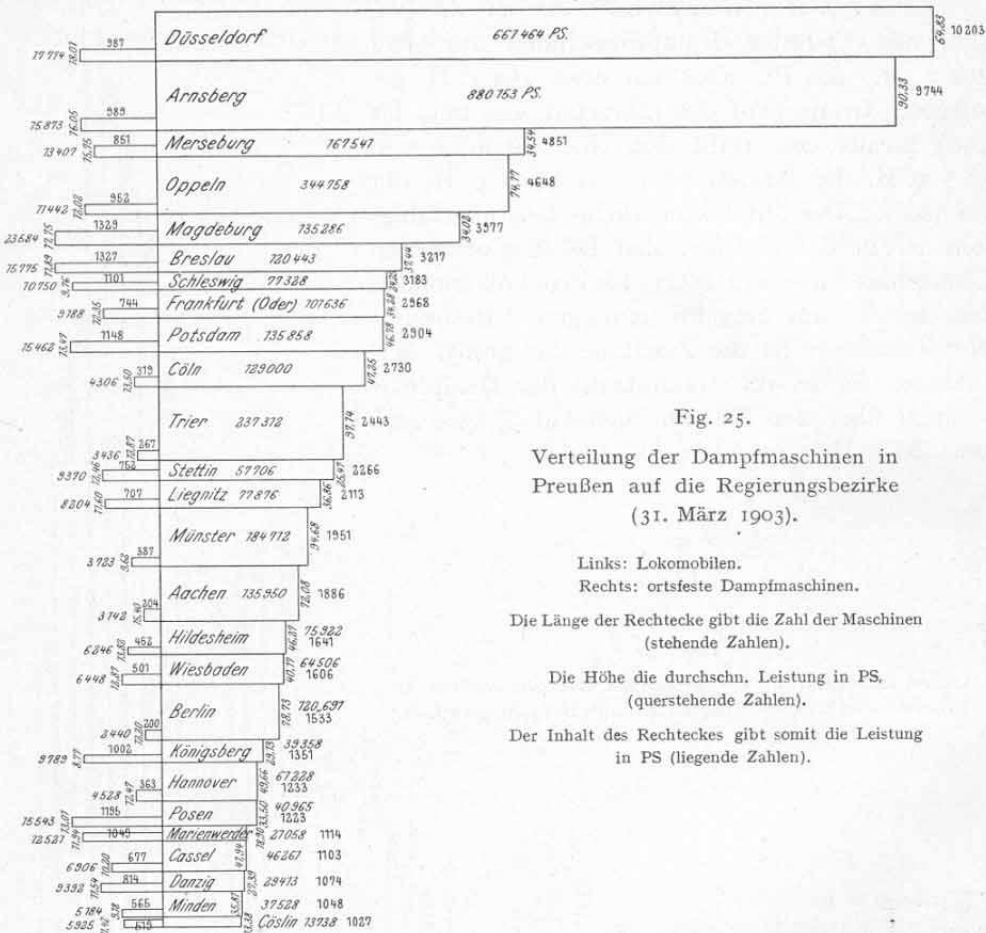


Fig. 25.

Verteilung der Dampfmaschinen in
Preußen auf die Regierungsbezirke
(31. März 1903).

Links: Lokomobilen.

Rechts: ortsfeste Dampfmaschinen.

Die Länge der Rechtecke gibt die Zahl der Maschinen
(stehende Zahlen).

Die Höhe die durchschn. Leistung in PS.
(querstehende Zahlen).

Der Inhalt des Rechteckes gibt somit die Leistung
in PS (liegende Zahlen).

Fig. 24 läßt deutlich die Zeit des wirtschaftlichen Aufschwunges erkennen. 1872 bis 1874 zeigen einen Hochgang des Dampfmaschinenbaues, dem bis 1881 ein erheblicher Rückgang folgt. 1882 bis 1884 ist wieder Steigerung, 1885 bis 1886 erneute Stockung, dann stetiger Aufschwung bis 1891, der, von 1892 bis 1895 unterbrochen, 1896 auf das stärkste wieder einsetzt, um 1900 seinen Höhepunkt zu erreichen. Bei dem darauf folgenden Niedergang muß neben den schlechter gewordenen wirtschaftlichen Zuständen die Aufnahme der Großgasmaschinen berücksichtigt werden.¹⁾

¹⁾ Leider läßt sich die Höhe dieser Zunahme nicht statistisch erfassen, da die

Wie sich ortsfeste Dampfmaschinen und Lokomobilen auf die Regierungsbezirke Preußens verteilen, veranschaulicht Fig. 25.

Die entsprechenden Zahlen für die in der Figur nicht aufgenommenen Regierungsbezirke gibt die folgende Zahlentafel:

	Ortsfeste Dampfmaschinen			Lokomobilen		
	Anzahl	PS	durchschn. PS	Anzahl	PS	durchschn. PS
Bromberg	986	27 575	27,97	876	10 276	11,73
Koblenz	965	41 332	42,83	330	3885	11,77
Lüneburg	882	40 291	45,68	338	3702	10,95
Erfurt	745	25 121	33,72	228	2682	11,76
Stade	648	25 018	38,61	91	1009	11,09
Osnabrück	641	30 132	47,01	155	1508	9,73
Gumbinnen	601	16 165	26,86	631	5581	8,84
Aurich	375	7 372	19,66	124	1369	11,04
Stralsund	309	6 379	20,64	354	4375	12,36
Sigmaringen	68	1 544	22,71	28	196	7,00

Daraus ergibt sich, daß die Regierungsbezirke Arnberg und Düsseldorf allen anderen weit voranstellen. Unter den 79 257 ortsfesten Dampfmaschinen Preußens gab es 440 Maschinen mit einer Leistung von 1000 bis 9000 PS; davon standen im Bezirk Arnberg allein 110, in Düsseldorf 84, in Trier 54 in Münster 34, in Oppeln 33, im Stadtkreis Berlin 28, in Aachen 19, in Köln 12, in Breslau, Merseburg und Hildesheim je 9, Potsdam 7, Lüneburg 6, Osnabrück und Kassel je 4, Magdeburg, Hannover und Stade je 3, Stettin und Wiesbaden je 2, und je eine kommt auf Danzig, Frankfurt, Schleswig, Minden und Koblenz. 23 der größten Maschinen arbeiteten im Berg- und Hüttenwesen, 7 in den Berliner Elektrizitätswerken.

Im ganzen waren am 31. März 1903 in Preußen 79 257 ortsfeste Dampfmaschinen mit 4 218 620 PS und 22 556 Lokomobilen mit 284 941 PS im Betriebe; die durchschnittliche Leistung betrug 53,23 bzw. 12,63 PS.²⁾

Heute sind, ortsfeste Dampfmaschinen, Lokomobilen, Schiffsmaschinen der Binnenschifffahrt und Lokomotiven zusammengefaßt, in Preußen allein fast 13 Mill. Dampfmaschinen PS tätig.³⁾ Auf je 100 Einwohner kommen in Preußen etwa 36 PS.

Über die Herkunft der Dampfmaschinen und Dampfkessel Preußens mögen die folgenden Zahlen, die sich auf das Jahr 1901 beziehen, einige Auskunft geben.⁴⁾

Besitzer von Gasmaschinen nicht verpflichtet sind, darüber irgend einer statistischen Zentralstelle Auskunft zu geben; s. Statist. Korrespondenz, Berlin 1905, Nr. 9.

²⁾ s. Statist. Korrespondenz, Berlin 1903, Nr. 48.

³⁾ Davon entfallen auf Lokomotiven allein rund 7,5, auf ortsfeste Dampfmaschinen 4,7 Mill. PS.

⁴⁾ s. Statist. Korrespondenz, Berlin 1901, Nr. 13 und 1902, Nr. 7.

Von den 91516 Dampfkesseln wurden 87,48 v. H. in Preußen selbst, 10,78 v. H. im übrigen Deutschland und 1,06 v. H. in England erbaut. Die beweglichen Kessel betrachtet, so stammten davon nicht weniger als 36,74 v. H. aus England. Von den 1901 in Preußen vorhandenen ortsfesten Dampfmaschinen waren 67,5 v. H. in Preußen, 84,9 v. H. überhaupt in Deutschland, 9,8 v. H. in England erbaut. Alle übrigen Staaten bleiben hinter England weit zurück, voran steht hier die Schweiz mit 0,46 v. H. der Dampfmaschinen. Die ortsfesten Maschinen weisen ähnliche Verhältnisse wie bei der Gesamtzahl auf. Von den Lokomobilen stammten nicht weniger als 36,1 v. H. aus England. Von den Maschinen der Flußdampfer wurden 9,8 v. H. von Holland, fast ausschließlich für die Rheinschiffahrt, geliefert.

Wie sich ortsfeste Dampfmaschinen und Lokomobilen in Preußen auf die einzelnen Gewerbegruppen verteilen, wurde bereits durch die Fig. 8, 9 und 10, S. 46 bis 48 erläutert.

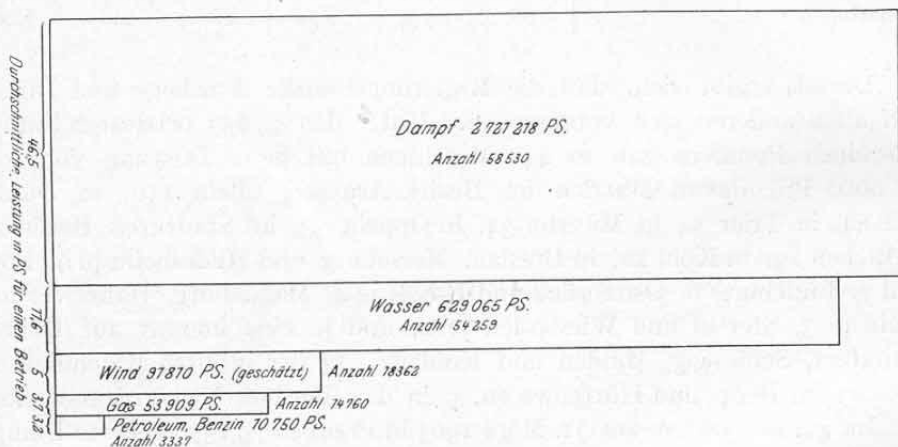


Fig. 26. Verteilung der Kraftmaschinen in Deutschland 1885 auf die einzelnen Kraftquellen nach Anzahl und Leistung.

Die Länge der Rechtecke gibt Anzahl der Betriebe, die Höhe die auf einen Betrieb entfallende PS, somit gibt der Inhalt des Rechtecks die Leistung in PS.

Sehr interessant ist auch festzustellen, in welchem Verhältnis die einzelnen Kraftquellen für die gewerbliche Arbeit herangezogen werden. Die Fig. 26 zeigt dies für Deutschland, nach der letzten Gewerbezahlung 1895. Der Dampf übertrifft bei weitem alle anderen Kraftquellen.

Was die Verteilung der einzelnen Betriebskräfte auf die Gewerbegruppen anbelangt, so entfielen von den 2,72 Mill. DampfmaschinenPS allein

0,969 Mill. auf Bergbau und Hüttenwesen,

0,446 „ „ die Textilindustrie,

0,392 „ „ Industrie der Nahrungs- und Genußmittel,

das sind fast 70 v. H. der Gesamtleistung.

Von den 0,629 Mill. Wasserkraftmaschinen-PS entfielen

0,281 Mill. auf Industrie der Nahrungs- und Genußmittel,
0,112 „ „ Papierindustrie.

Von den 18362 Windmühlen waren allein 17803 Getreidemühlen. Von 1882 bis 1895 hat die Windkraft und Wasserkraft nach Anzahl der Betriebe um 14,7 v. H. abgenommen. Der Leistung nach, die auf einen Betrieb entfiel, hat dagegen die Wasserkraft wesentlich zugenommen. Denn 1875 kamen auf einen Betrieb mit über 5 Gehilfen 27,8 PS, 1895 38,2 PS. Die Dampfmaschine nahm in der Zeit von 1882 bis 1895 nach der Anzahl der Betriebe, in denen sie verwendet wurde, um 65 v. H., die Verbrennungsmaschinen um 455,2 v. H. zu, eine Zahl, die bei der außergewöhnlich starken Verbreitung der Gasmaschine im letzten Jahrzehnt heute noch sehr viel größer sein würde.¹⁾

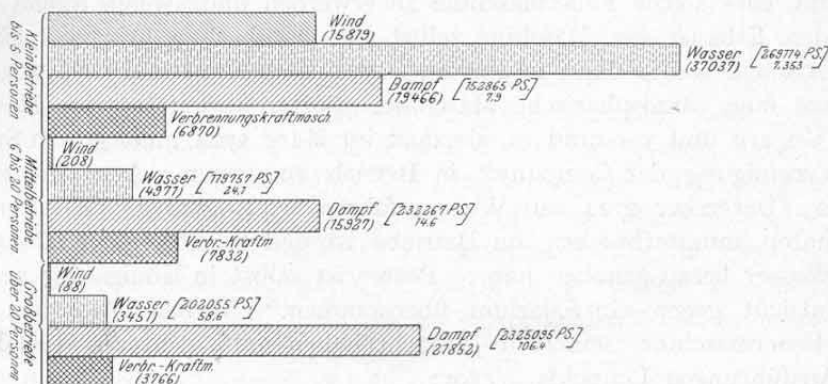


Fig. 27. Verteilung der verschiedenen Kraftquellen auf Klein-, Mittel- und Großbetriebe Deutschland 1905.

Die Zahlen in () bezeichnen die Anzahl der Betriebe, die in [] geben die Gesamtleistung und die durchschnittliche Leistung in PS.

Wie die Dampfmaschine vor allem den Großbetrieb unterstützt, läßt Fig. 27 erkennen.

4. Österreich-Ungarn.

Die ersten Dampfmaschinen 1722 und 1724. — Entwicklung des Dampfmaschinenbaues in den 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts. — Böhmen. — Mähren. — Wien. — Entwicklung des Dampfmaschinenbaues in Ungarn. — Die ersten Lokomotiven. — Österreichischer Lokomotivbau.

Die erste Dampfmaschine Österreichs hat in Wien gestanden. Es war eine atmosphärische Maschine, 1722 von dem kaiserlichen Architekten J. E. Fischer v. Erlach für den Fürstlich-Schwarzenbergischen Garten er-

¹⁾ s. Statist. f. d. deutsche Reich 1895, Bd. 119.

baut.¹⁾ Sie diene dazu, „die in den Fontainen fallenden Wasser wiederum hinanzubringen“. Eine gleiche Maschine hatte Fischer v. Erlach für den Landgrafen von Hessen in Kassel erbaut. Die Kosten der Feuermaschine sollen 20000 „Kayser-Gulden“ betragen haben. Diese „kuriose Feuermaschine“ wurde als „Rarität“ Wiens viel besucht. Eine wirtschaftliche Bedeutung hatte erst die Newcomen-Maschine, die zwei Jahre später auf einem Bergwerk bei Königsberg in Ungarn in Betrieb kam. Wieder war es die Not des Bergbaues, die hier Hilfe bei der Dampfmaschine suchte. Ausführlich berichtet darüber Leupold.²⁾

Danach war Fischer von Erlach, ein „Mit-Gewerke“ des Königsberger Bergwerkes, auf den Gedanken gekommen, eine der neuerfundenen englischen Feuermaschinen zu verwenden, da alle bisher bekannten Hilfsmittel die unterirdischen Wasser des Bergwerkes nicht mehr zu bewältigen vermochten. Auf seinen Rat hin scheint man beschlossen zu haben, in England eine solche Feuermaschine zu erwerben und, wenn irgend möglich, den Erbauer der Maschine selbst mit herüber zu bringen. Fischer von Erlach bestellte dann in England 1721 beim Kunstmeister Potter zu Durham eine atmosphärische Maschine. Potter begleitete seine Maschine nach Ungarn und verstand es, sie dort im März 1724 „mit gutem Success und Vergnügung der Company“ in Betrieb zu setzen. Aus einem Brief vom 23. Dezember 1724 aus Wien erfahren wir: „daß die Maschine seit 9 Monaten ununterbrochen im Betriebe ist und bereits eine große Quantität Wasser herausgehoben habe. Potter ist selbst in Königsberg und hat die Aufsicht gegen ein Salarium übernommen.“ Welches Aufsehen diese erste Feuermaschine, seinerzeit gemacht haben muß, geht aus den folgenden Ausführungen Leupolds hervor:

„Daß Herr Potter ein so großes mit seiner Feuer-Maschine ausrichten, oder ob er solches Werck in Stand bringen werde, haben auch viele gezweifelt, und sichs nicht einbilden können, aus der Ursache, weil so viele darüber gekünstelt und doch nichts rechtes effectuiert, derohalben sie gegläubet, ein anderer werde auch nicht weiter kommen, alleine alle diese Zweiffler überweiset nunmehr dis herrliche und vortreffliche Werck, ohne, daß Herr Potter nöthig gehabt hätte, wider seine Gegner Schand- und Schmah-Schriften oder Juchhe geschrieben und gedruckt, auszustreuen, ehe er was praestiret.“

Die Maschine war zwei Jahre lang ununterbrochen im Betrieb. Sie ist die erste Maschine außerhalb Englands, die im Dienste der Industrie nutzbringend Arbeit verrichtet hat.³⁾

¹⁾ Abbildung und genaue Beschreibung s. J. B. Kuchelbecker, Beschreibung Wiens, und J. v. Doblhoff, Pfade des Weltverkehrs, Wien 1881, sowie meinen Aufsatz, die ersten Dampfmaschinen außerhalb Englands, Z. d. V. d. Ing. 1905.

²⁾ Leupold Theatrum Machinarum Hydraulicarum Bd. II.

³⁾ Abbildung und Beschreibung der Maschine S. 309.

Diese beiden ersten Dampfmaschinen Österreich-Ungarns werden für längere Zeit auch die einzigen geblieben sein. Die Industrie war noch nicht genügend entwickelt, um auf die Hilfe des Dampfes angewiesen zu sein. Der Bergbau kam meistens mit den alten Betriebsweisen aus. Möglich, daß gegen Ende des 18. und am Anfang des 19. Jahrhunderts, als man in Schlesien begann, sich der Dampfkraft zu bedienen, auch in österreich-ungarischen Bergbaubezirken hier und da wieder die Feuermaschine versucht worden ist. Jedenfalls hat man aber auch hier bis zum Entstehen des eigentlichen Maschinenbaues in den 20er und 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts nur sehr vereinzelt Dampfmaschinen verwendet. Sie gewannen zugleich mit den ersten Eisenbahnen erst maßgebenden Einfluß.

Hervorragend hat sich der Maschinenbau, und an seiner Spitze der Dampfmaschinenbau, in Böhmen entwickelt. In Böhmens Hauptstadt, in Prag, entstanden die ältesten und die bedeutendsten Dampfmaschinenfabriken der Monarchie.

1832 wurde in Prag die Maschinenfabrik von Ruston & Co., die heutige Prager Maschinenbaugesellschaft, erbaut, die später als eine der ersten den Bau von Corliss-Maschinen erfolgreich aufnahm, nachdem vorher van der Kerchove Corliss-Maschinen nach Österreich geliefert hatte.

1848 begann auch die schon seit 1771 als Kupfer- und Metallwarenfabrik bestehende Firma F. Ringhoffer mit dem Maschinenbau. 1832 gründete C. & F. Breitfeld in Prag eine Maschinenfabrik, die 1872 mit der 1854 gegründeten Maschinenfabrik Daněck & Co. zur Prager Maschinenbau-Aktiengesellschaft vereinigt, heute zu den ersten österreichischen Maschinenfabriken gehört.

Zu diesen Prager Maschinenfabriken kamen noch die im Dampfmaschinenbau wohlbekannte Fabrik von Märky, Bromovsky & Schulz in Königgrätz und Adamsthal bei Brünn, ferner die 1871 gegründete Böhmischemährische Maschinenfabrik in Lieben bei Prag, Skoda in Pilsen und Bolzano Tedesco & Co. in Schlau.¹⁾

Mährens Hauptstadt Brünn steht ebenfalls an hervorragender Stelle des österreichischen Dampfmaschinenbaues. Hier war es vor allem Friedrich Wannieck, der ihn als Konstrukteur und Unternehmer gefördert hat. Von Brünn aus führte sich auch die Sulzersche Ventilmaschine in Österreich ein, welche von der „Ersten Brünner Maschinenfabriks-Gesellschaft“ gebaut wurde. In Wien gelangte die von G. Sigl gegründete Maschinenfabrik zu großem Ansehen. Sigl stammte aus der Pfalz; mit Pfeiffer und Dingler war er seinerzeit als junger Bursche aus der Heimat gewandert. Seine Freunde haben, in die Heimat zurückgekehrt, in Kaiserslautern und Zweibrücken die heute noch blühenden Dampfmaschinenfabriken gegründet. Sigl ist „draußen“ geblieben und hat sich aus kleinen Anfängen mit zäher Ausdauer zu einem der bedeutendsten österreichischen

¹⁾ s. Doerfel, Z. d. V. d. Ing. 1892, S. 357.

Maschinenbauunternehmer emporgearbeitet. In seinen Wiener Maschinenfabriken waren zeitweise 2 bis 3000 Arbeiter beschäftigt. Auch in Berlin besaß er eine Maschinenfabrik, die besonders Druckpressen und Papiermaschinen baute.

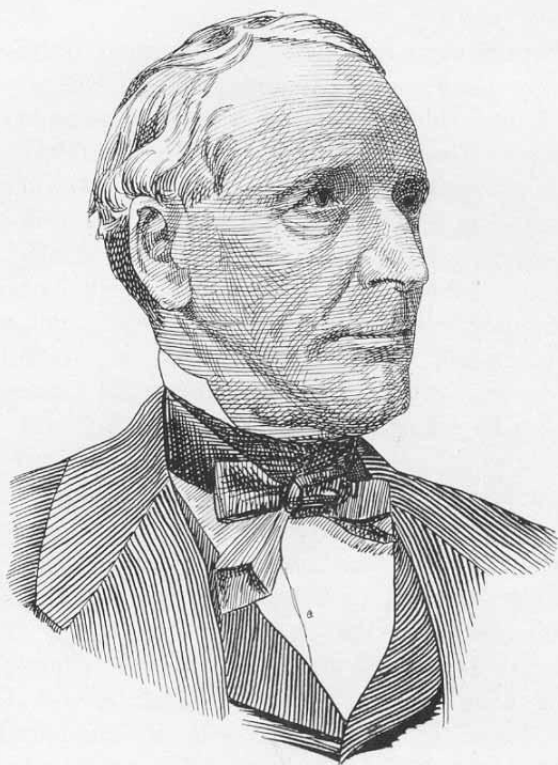
In Ungarn hat sich erst in neuerer Zeit ein eigener leistungsfähiger Dampfmaschinenbau entwickelt, der bestrebt ist, das Land immer mehr von auswärtigen Fabriken unabhängig zu machen. Die Bergwerke mit ihrem Bedarf an maschinellen Einrichtungen sowie die um die Mitte des vorigen Jahrhunderts sich immer stärker entwickelnde ungarische Mühlenindustrie beschäftigte die ersten Maschinenfabriken. So entstanden in Budapest 1845 die Werkstätten von Abraham Ganz und Ignaz Schlick, 1854 die von Stefan Böck und 1861 die von Josef Eisele. Ende der 60er Jahre begann ein gewaltiger Aufschwung. Zahlreiche Maschinenfabriken, von denen aber nur wenige die große wirtschaftliche Krise von 1873 überstanden, wurden begründet. Zu denen, die aushielten und es nachher zu besonderem Ansehen im Dampfmaschinenbau brachten, gehört die Maschinenfabrik von L. Lang in Budapest und Nicholson & Co., die letztere vor allem auch im Schiffsmaschinenbau bekannt; aus ihren Werkstätten sind große 1000 PS-Maschinen der Donaudampfer hervorgegangen. Neben ihr versorgen die Vereinigten Schiffswerften Danubius, Schönichen, Hartmann, ferner die Donaudampfschiffahrtsgesellschaft in Altöfen die Flußdampfer mit den nötigen Betriebsmaschinen.

In Ungarn mit seiner großen Landwirtschaft hat sich auch der Bau der landwirtschaftlichen Betriebsdampfmaschine — der Lokomobile — sehr entwickelt. Besonders beteiligt daran ist die Maschinenfabrik der Königl. Ungarischen Staatsbahnen, die sogen. „Staatsmaschinenfabrik“.¹⁾

Die ersten Lokomotiven bekam Österreich-Ungarn Ende der 30er Jahre. Am 6. Januar 1838 wurde die erste Strecke der Bahn Wien-Brünn eröffnet. Ausführliche Studien der maßgebenden Persönlichkeiten in England, Belgien und Amerika waren den ersten Eisenbahnausführungen vorangegangen. Schon im November 1837 fanden die ersten Versuchsfahrten mit der von Stephenson erbauten „Austria“ auf der genannten Strecke statt.

Neben Lokomotiven der verschiedensten englischen Fabriken konnte 1840 auch die erste in Österreich erbaute Lokomotive, die „Patria“, in Betrieb genommen werden. Von dem englischen Ingenieur Baillie, in den Werkstätten der Nordbahn erbaut, ist sie bis 1862 benutzt worden. Hervorragende Bedeutung im Lokomotivbau gewann John Haswell, der, 1812 zu Lancefield bei Glasgow geboren, in den 30er Jahren als Ingenieur der berühmten Fabrik von William Fairbairn & Co. nach Wien kam. Man bewog ihn, dort zu bleiben, und übertrug ihm 1837 Entwurf und Ausführung der Reparatur-Werkstätte der Wien-Raaber Bahn. Er über-

¹⁾ Eine interessante Übersicht über die Entwicklung der ungarischen Maschinenindustrie gibt O. H. Mueller jr. Z. d. V. d. Ing. 1896, S. 917.



G. Sigl

nahm dann auch die selbständige Leitung der Fabrik und sorgte dafür, daß sie auch sofort Aufträge für Neubauten erhielt. Die Ausführungen zeigten bald die große Bedeutung Haswells als eines genialen Konstrukteurs. „So mannigfach sind die von ihm entworfenen Typen, so durchdacht die von ihm angegebenen Detailkonstruktionen und so wertvoll die von ihm ersonnenen Arbeitsprozesse, daß es eine Ehrenpflicht für den heutigen Techniker ist, dieses Mannes zu gedenken, dessen oft nicht beachtete, vielfach in Vergessenheit geratene Ideen und Konstruktionen heute erst volle Würdigung finden.“¹⁾

Besonderen Einfluß gewannen anfangs die amerikanischen Konstruktionen auf den österreichischen Lokomotivbau. Viele von Norris-Philadelphia erbauten Lokomotiven liefen auf österreichischen Bahnen. Norris selbst begann in Österreich Mitte der 40er Jahre auch seine Lokomotiven auszuführen. Um die gleiche Zeit (1844) fing die Maschinenfabrik von Prevenhuber, Günther & Armbruster in Wiener-Neustadt mit dem Lokomotivbau an. Nach mannigfachen Schicksalen ging das Unternehmen 1858 an die österreichische Kredit-Anstalt für Handel und Gewerbe über, die John Hall, einem früheren Mitarbeiter Robert Stephensons, der zuletzt technischer Leiter der Lokomotivfabrik von Maffei in München gewesen war, die Leitung übertrug. 1861 übernahm G. Sigl die Fabrik in Wiener-Neustadt. Ihm gelang es, große ausländische Absatzgebiete zu erschließen und das Werk zu ungeahnter Ausdehnung zu bringen. Er lieferte viele Lokomotiven für Rußland, hatte auch Bestellungen für deutsche, italienische und vor allem auch für ungarische Bahnen.

1870 sah Sigl die 1000ste Lokomotive aus seinen Werkstätten hervorgehen; die Werke mußten vergrößert werden; die Zahl der Arbeiter stieg auf 3000. Das Jahr 1873 brachte auch diesem Unternehmen eine schwere Krise. Der Wettbewerb war größer geworden; in Österreich war eine neue, die vierte, Lokomotivfabrik entstanden, und auch Ungarn begann sich durch die Maschinenfabrik des Ungarischen Staates in Budapest im Lokomotivbau zu betätigen. Die Siglischen Lokomotivfabriken wurden deshalb 1875 in eine Aktien-Gesellschaft übergeführt. Unter dem Namen „Aktien-Gesellschaft der Lokomotivfabrik vorm. G. Sigl in Wiener-Neustadt“ konnte der Lokomotivbau erfolgreich bis heute fortgesetzt werden. 1897 übergab das Werk die 4000ste Lokomotive dem Verkehr.²⁾

Die Entwicklung der Gebirgslokomotive wurde von Österreich aus besonders durch ein 1850 erlassenes Preisausschreiben gefördert, das durch die den Semmering überschreitende Eisenbahnstrecke Wien-Laibach veranlaßt wurde. Vier Lokomotiven bewarben sich um die ausgesetzten Preise

¹⁾ Urteil Karl Gölsdorfs über Haswell; s. Gesch. d. Eisenb. d. österr. ungar. Monarchie Lokomotivbau, S. 428. Haswell starb am 8. Juni 1897 in Wien; s. a. Eng. 1897, Bd. II, S. 31.

²⁾ s. Denkschrift zur Vollendung der 4000. Lokomotive, Juni 1897, herausgegeben von der genannten Firma; enthält auch ein Bild von Georg Sigl.

von 20-, 10-, 7- und 6000 Dukaten. Der von Maffei in München erbauten „Bavaria“ wurde der erste Preis zuerkannt. Aber sie wurde so wenig wie eine der anderen Preislokomotiven eingeführt, erst dem technischen Rat W. Engerth in Wien gelang es unter Benutzung des vorliegenden Materials, eine Lokomotive zu schaffen, die sich auf allen Gebirgsbahnen verbreitete und dem ganzen Lokomotivbau weitgehende Anregung gegeben hat.¹⁾

5. Die Schweiz.

Anfänge der Maschinenindustrie. — Escher Wyss & Co. 1805. — Die ersten Dampfschiffe. — Die ersten Eisenbahnen in der Schweiz. — Gebrüder Sulzer in Winterthur. — Entstehung der Fabrik. — Joh. Jac. Sulzer. — Charles Brown. — Bedeutung der Sulzer-Maschinen. — Statistische Angaben.

Im gewaltigen Gebirgsland, eingefügt zwischen die Großmächte Europas, hat das unternehmende, arbeitskräftige Schweizervolk sich zu einer ersten Stelle in der Weltindustrie emporgearbeitet. Die kohlenarme Schweiz mit ihren gewaltigen Wasserkraften hat gerade für die Entwicklung der Dampfmaschine eine ganz besondere Bedeutung gewonnen; hier hat der moderne Dampfmaschinenbau zuerst die kräftigsten Wurzeln geschlagen.

Die Maschinenindustrie der Schweiz entstand aus dem Bedürfnis der Textilindustrie; die schon jahrhundertlang dort bestehende Baumwollindustrie kam Ende des 18. Jahrhunderts zuerst mit den neuen englischen Maschinen in Berührung. Es war zu fürchten, die neue Kraftmaschine werde in kurzer Zeit gänzlich die alten Einrichtungen der Hausindustrie erdrücken. Was das bedeutet hätte, läßt sich daraus ersehen, daß um 1790 von den rund 156000 Bewohnern des Kantons Zürich etwa 40600 unmittelbar, und wenn man die Hilfsarbeiter zusammenrechnet, ungefähr ein Drittel der Gesamtbevölkerung mit Baumwollindustrie beschäftigt war. Es hieß also die Maschinenspinnerei in der Schweiz einzuführen und die hierfür nötigen Maschinen in der Schweiz selbst herzustellen.

Diese Aufgabe löste der große Schweizer Unternehmer, Hans Caspar Escher vom Felsenhof,²⁾ der 1805 unter Mitwirkung von acht Männern mit

¹⁾ s. Röhl, Enzykl. d. Eisenbahnen.

²⁾ Johann Caspar Escher wurde am 10. August 1775 zu Zürich als Sohn des angesehenen Kaufmanns Johannes Escher geboren. Nach einer guten Erziehung vom Vater zum Kaufmann bestimmt, befriedigte ihn zunächst dieser Beruf keineswegs. Ein längerer Aufenthalt in Italien ließ ihn wünschen, Architekt zu werden. Besonders die konstruktiv-technische Seite zog ihn hier mächtig an. Deshalb war der Sprung vom Bauwesen in das Maschinenfach auch nicht sehr groß. Mit diesem Berufswechsel begann die eigentliche Lebensarbeit Eschers. Sein lebhafter Geist, sein scharfer Blick und die große Freude am Organisieren, verbunden mit einer zähen Beharrlichkeit, machte ihn wie geschaffen zu einem großen Industriebegründer. Mit offenem



Hans Caspar Escher vom Felsenhof

geb. 10. Aug. 1775, gest. 29. Aug. 1859

einem Kapital von 80000 Gulden eine Spinnerei unter der Firma Escher Wyss & Co. gründete. Hier begann man auch sofort die Maschinen nach englischen Vorbildern selbst zu bauen. Schon im Februar 1807 konnte der Begründer des großen Werkes seinen Geschäftsteilhabern das erste Garn zeigen, das er mit der von ihm selbst gebauten Maschine gewonnen hatte. Die Gründung Eschers, heute noch im Volksmunde „Neumühle“ genannt, war der Anfang der großartigen schweizer Maschinenindustrie, die, anfangs noch vielfach unter Mithilfe englischer Ingenieure, es verstand, ihre Fabrikation immer mehr zu vervollkommen, neue Fabrikationszweige aufzunehmen und so die Industrie des Landes, auch im Dampfmaschinenbau, auf eigene Füße zu stellen. Zuerst wurden nur Spinnmaschinen nebst Zubehör, Fabrikeinrichtungen und Wasserräder bei Escher gebaut; aber schon im Jahre 1836 wurde das erste Dampfschiff, „der Linth-Escher“, für den Walensee fertiggestellt. Die erste Dampfmaschine wurde 1839 in Betrieb gesetzt. Große Bedeutung gewann noch der Bau von Papiermaschinen und Turbinen. Auch im schweizer Dampfmaschinenbau waren anfangs

Blick verfolgte er die Entwicklung der Industrie. Frühzeitig erkannte er die weittragende Bedeutung der Spinnmaschine. Er beschloß daher, die neue Maschine, die bis dahin außerhalb Englands nur in Chemnitz und Rouen vorhanden war und hier als großes Geheimnis vor unberufenen Augen behütet wurde, auch in der Schweiz einzuführen. Escher reiste selbst mit einem Freunde nach Sachsen, um hier die neue Maschine kennen zu lernen. Heimlich durch die Lücke eines Kellerfensters soll er die geheimnisvolle Spinnmaschine beobachtet haben. Bald aber wurden beide Schweizer als verdächtige Leute festgenommen und schnell über die Grenze geschafft. Nach Zürich zurückgekehrt, erbaute hier Escher mit Hilfe eines aus Sachsen mitgebrachten Schlossers eine von Hand betriebene Spinnmaschine. Der Versuch ermutigte ihn, 1805 eine mechanische Spinnerei in größerem Umfange zu errichten. Eine Anzahl Maschinen mußte man anfangs noch aus Frankreich beziehen, aber bald zeigte sich, daß eine eigene Maschinenwerkstatt mit der Spinnerei verbunden werden mußte. 1807 arbeiteten bereits in der Neumühle die ersten nach guten englischen Modellen erbauten Spinnmaschinen. Von 1810 an begann man auch für fremden Bedarf Maschinen zu bauen. Der Maschinenbau wurde selbständig und bald das Hauptarbeitsgebiet der Firma. Unterstützt wurde Escher besonders durch seinen Sohn Albert, der lange Zeit in England den Maschinenbau gründlich kennen gelernt hatte. Auch J. C. Escher selbst ist fünfmal in England gewesen und hat dort immer wieder neue, mächtige Eindrücke zur weiteren Tätigkeit mitgebracht. — Escher war bis zu seinem Tode ununterbrochen tätig. Noch mit 84 Jahren ließ er sich wöchentlich mehrmals in die Neumühle fahren, nahm von allem Einsicht und entschied mit vollkommener Klarheit und mit festem Entschluß über die zu treffenden Maßregeln. Er starb nach kurzem Kranksein am 29. August 1859. „So schön und friedlich“ — sagt sein Freund, der mehr als 60 Jahre mit ihm verbunden war — „wie man nur wenige Menschen sterben sieht: als ein Arbeiter, der getrost und heiter zur Ruhe geht“.

S. A. Mousson, Hans Kaspar Escher zum Felsenhof, Zürich 1859, in dem 31. Neujahrsblatt zum Besten des Waisenhauses in Zürich 1868, dem auch die Unterlagen zu dem Bildnis Eschers entnommen wurden. Ferner s. Biographie Eschers, rührt von A. Mousson her und stützt sich im wesentlichen auf die vorher angeführte Quelle. Ferner s. Festschrift zur Feier des 50jährigen Bestehens des Eidg. Polytechnikums, Zürich 1905, Bd. II, Die bauliche Entwicklung Zürichs, S. 449.

englische Muster allein maßgebend. Bis 1850 war die einzylinderige normale Balanciermaschine die einzige Bauart. Dann begannen liegende Maschinen sich einzuführen, und vor allem fingen Escher Wyss & Co. jetzt auch an, mit großem Erfolg Woolfsche Maschinen zu bauen. Besonders im Schiffsmaschinenbau entwickelte sich die Firma zu hervorragender Bedeutung.

Den Anforderungen des wachsenden Verkehrs suchte die Schweiz durch die Dampfmaschine in hervorragender Weise gerecht zu werden.

Der erste Dampfer der Schweiz war der „Wilhelm Tell“, den der amerikanische Konsul Schurch 1823 in Genf auf dem Genfer See in Betrieb nahm. Der zweite schweizer Dampfer erschien 1835 auf dem Züricher See, es war die „Minerva“, die in England gebaut, von Schweizer Unternehmern gekauft und in Betrieb gesetzt wurde. Der nächste Dampfer, der „Linth-Escher“, wurde bereits, wie erwähnt, von C. Escher ein Jahr später erbaut und in Betrieb gesetzt.

Die Bedeutung der Dampfschiffahrt, wenigstens was den Güterverkehr anbelangt, ging auch hier nach Einführung der Eisenbahn wesentlich zurück.¹⁾ Die erste Eisenbahn auf Schweizer Gebiet war das 1,8 km lange Teilstück St. Ludwig-Basel der Eisenbahn Basel-Straßburg; sie wurde am 15. Juni 1854 eröffnet. Ihr folgte 3 Jahre später die schweizerische Nordbahn von Zürich nach Baden. Große Bedeutung für den Weltverkehr gewann die schweizerische Eisenbahn erst, als man begann, durch gewaltige Alpenbahnen die Eisenbahnnetze der großen Staaten miteinander zu verbinden. Einen besonderen Fortschritt bedeutete hier das riesige Unternehmen der St. Gotthardbahn, das in neuester Zeit durch die Fertigstellung des Simplontunnels noch wieder übertroffen wird. Die St. Gotthardbahn wurde am 1. Juni 1882 dem Betrieb übergeben.²⁾

Kehren wir zur Entwicklung des Dampfmaschinenbaues zurück. Hier ist das Unternehmen von Gebrüder Sulzer in Winterthur seit Mitte der 50er Jahre in stetigem Fortschritt zur größten Bedeutung für den gesamten Dampfmaschinenbau emporgewachsen. Nur wenige Dampfmaschinenfabriken der Welt können sich, was den Einfluß auf die allgemeine Entwicklung der Dampfmaschine anbelangt, mit ihm vergleichen.

Die großen Fabriken, deren Erzeugnisse heute den Namen Sulzer in der Welt berühmt gemacht haben, sind aus sehr bescheidenen Anfängen hervorgegangen. Als der eigentliche Gründer der Werke, als die treibende Kraft in der ersten Entwicklungsepoche ist Johann Jakob Sulzer anzusehen, der, am 16. November 1806 in Winterthur geboren, von seinem Vater, der Drechsler und zugleich Metallgießer war, eine gute Erziehung in den dortigen Schulen erhielt. Der junge Sulzer soll schon damals sich weit mehr für Mathematik und Zeichnen als für das „Latein“

¹⁾ s. Festschrift wie vorher S. 250. Dampfschiffe.

²⁾ 1890 hatte die Schweiz 3190 km Eisenbahn, 1903 4145 km.



Johann Jacob Sulzer

geb. 16. Nov. 1806, gest. 29. Juni 1883

interessiert haben. Frühzeitig half er seinem Vater im Geschäft, das sich langsam erweiterte. Nach überstandener Lehrzeit im väterlichen Geschäft ging er Mitte der 20er Jahre auf die Wanderschaft, arbeitete zuerst in einigen Fabriken der Schweiz, um dann nach dem großen Nachbarlande, nach Frankreich, wo er zuerst in Lyon die Eisengießerei praktisch kennen lernte, zu ziehen. 1830 finden wir ihn in Paris, wo er am Conservatoire des Arts et Métiers seine technischen Kenntnisse wesentlich erweiterte und die Aufmerksamkeit seines Lehrers Leblanc so auf sich zog, daß ihn dieser zu seinem Assistenten machte. Zwei Jahre war Sulzer im Lehramt tätig, dann rief ihn sein Vater nach der Schweiz zurück.

Hier begann er nun seine große Tätigkeit als Unternehmer. Den Widerstand seines Vaters, der an kleine Verhältnisse gewöhnt, zu vorsichtig war, um Größeres zu wagen, verstand er allmählich zu beseitigen. So gelang es ihm am 7. April 1834, den Grundstein zu einer größeren Gießerei und Maschinenbauanstalt zu legen. Die Fabrik wurde auf dem hierfür erworbenen Grundstück an der Zürcher Straße, wo heute die Fabriken stehen, erbaut. Das Jahr 1834 ist somit als das Gründungsjahr der Firma Gebrüder Sulzer anzusehen.

Das neue Unternehmen, von J. J. Sulzer und seinem jüngeren Bruder Salomon begründet, beschäftigte zuerst 12 Arbeiter. 1839 konnte die Gießerei wesentlich erweitert, und der Pferdegöpel, der bisher die Betriebskraft geliefert hatte, durch die erste Dampfmaschine, die aus dem Elsaß stammte, ersetzt werden. Auch ein Neubau der Maschinenfabrik wäre schon nötig gewesen, aber dem widersetzte sich zuerst der Vater Sulzer, der fürchtete, seine Söhne könnten sich „überbauen“ und „verlumpen“. Die Fortschritte des Werkes mußten aber schließlich auch der größten Vorsicht zeigen, daß die Gebrüder Sulzer mit ihrer Tatkraft und unermüdlischen Arbeitskraft wohl imstande waren, das Unternehmen ohne Gefahr eines Zusammenbruches stetig weiter zu entwickeln.

Bis Anfang der 40er Jahre war die Gießerei die Hauptsache. Erst dann begann sich der Maschinenbau weiter auszudehnen. 1840 wurde die erste Dampfheizung ausgeführt. 1848 der erste Dampfkessel gebaut. 1850 fing man an, kleine Maschinen, Pressen und Pumpen herzustellen. Anfang der 50er Jahre begann auch der Dampfmaschinenbau, durch den die Firma ihren Weltruf sich erwerben sollte.

J. J. Sulzer bereiste 1849 England, und der große Eindruck, den er von der riesigen Industrie des Landes mit nach Hause nahm, war die äußere Veranlassung zu dem Wunsch, nun auch den Dampfmaschinenbau aufzunehmen.

Wieder war es ein englischer Ingenieur, der den Dampfmaschinenbau begründete. Der geniale Schöpfer aller jener großen Konstruktionen, die in den ersten 20 Jahren nach Aufnahme dieses Fabrikationszweiges in Winterthur entstanden, war Charles Brown, der wie selten ein anderer Ingenieur ein reiches Leben voll nieversagender Schaffenskraft genossen hat.

Charles Brown war am 30. Juni 1827 zu Axebridge bei London als Sohn eines Zahnarztes geboren. Der Vater verzog bald nach Woolwich, und dort wuchs der junge Brown zwischen den großen Maschinenwerkstätten auf, durch die er die erste Anregung zum Ingenieurberuf empfing. Seine Lehrzeit verbrachte er in der damals berühmtesten Maschinenfabrik des Landes bei Maudslay & Field in London; von 1845 bis 1851 war er hier im Dampfmaschinenbau beschäftigt. 1851, bei Gelegenheit der Londoner Ausstellung, trat an ihn das Anerbieten heran, in Winterthur den Dampfmaschinenbau einzuführen. Brown, stets unternehmungslustig, griff zu. Als er 1851 zu Sulzer kam, beschäftigte die Firma etwa 90 Arbeiter und war besonders für den Bau von hydraulischen Pressen eingerichtet. Brown kam aus einer der besteingerichtetsten Fabriken, denn Maudslay selbst hatte hervorragende Verbesserungen an Werkzeugmaschinen gemacht und stets den größten Wert auf vorzügliche Arbeitsmaschinen gelegt; da war der Unterschied zwischen Maudslay und Sulzer, was die Werkstatteinrichtung anbelangt, sehr groß, und Brown wollte fast den Mut verlieren, unter diesen Umständen brauchbare Dampfmaschinen zu bauen. Da es aber weder an Geld, noch an dem besten Willen der Unternehmer fehlte, den Dampfmaschinenbau zu fördern, so gelang es auch Brown, die Einrichtung stetig zu verbessern. Vor allem aber waren es seine vorzüglichen Konstruktionen, mit denen er dem Sulzerschen Dampfmaschinenbau einen weiten Ruf verschaffte. Wer die Zeichnungen aus dieser Zeit durchsieht, muß staunen über die große Vielseitigkeit des Mannes, der diese Konstruktionen alle geschaffen hat. Bewundernswert ist die Schönheit der Form und die sorgfältige konstruktive Durchbildung der ganzen Maschine in allen ihren Einzelheiten. Viele Gedanken, deren Bedeutung erst heute wieder erkannt wird, finden sich da schon angedeutet oder gar durchgeführt.

Anregungen, die Brown von außen bekam, verstand er sofort in eigenartiger Weise weiter zu benutzen. Der große Elsässer Hirn, nicht minder als der große Amerikaner Corliss, den Brown 1867 auf der Pariser Ausstellung an seiner neuen Ventilmachine kennen lernte, wirkten auf ihn ein.

1871 löste Brown seine Verbindung mit der Firma Sulzer und ein Jahr später, 1872, zog sich auch der Gründer des Werkes von den Geschäften zurück.¹⁾ Sein Bruder Salomon hatte schon in den 60er

¹⁾ J. J. Sulzer starb am 29. Juni 1883; mit ihm war ein ausgezeichnete Ingenieur und ein tatenfroher Unternehmer dahingegangen, der, von Jugend auf gewohnt, von früh bis Abend in unablässiger Arbeit für sich und seine Familie tätig zu sein, auch die Arbeit anderer in hohem Maße anzuerkennen pflegte. Er hatte auch die Bedeutung des gewerblichen Unterrichts für die Entwicklung der Industrie frühzeitig erkannt und nicht nur seine eigene technische Ausbildung zu erweitern gesucht, sondern auch anderen stets mit größter Bereitwilligkeit von seinem Wissen mitgeteilt. Deshalb unterstützte er auch die Winterthurer Gewerbeschule und gab hier selbst während einer Reihe von Jahren Sonntags vormittags Unterricht im Maschinenzeichnen. s. Mitteilungen der Firma und A. Isler, Winterthur in Wort und Bild, Winterthur 1895.



Charles Brown

geb. 30. Juni 1827, gest. 7. Okt. 1905

Jahren, durch Krankheit gezwungen, seine geschäftliche Tätigkeit aufgeben müssen.

Die neuere Entwicklung von den 70er Jahren an leiteten die Söhne Sulzers, vor allem Heinrich Sulzer-Steiner, der maßgebenden Einfluß auf den Dampfmaschinenbau ausübte. Ihm verdankt die Firma in erster Linie die großen Leistungen auf diesem Gebiete in den letzten Jahrzehnten.

Auch räumlich dehnte sich die Fabrik sehr bedeutend aus; 1895 wurden 2650 Arbeiter und Angestellte beschäftigt. Die Sulzerschen Fabriken gaben Winterthur immer mehr das Gepräge einer Industriestadt.

1881 wurde auch in Ludwigshafen eine Dampfmaschinenfabrik von Sulzer begründet, die sich bis heute in großem Maßstabe entwickelt hat.

1888 konnte die 1000ste und 1895 schon die 2000ste Sulzersche Ventilmaschine in Betrieb gesetzt werden. 1895 betrug die Jahresproduktion der Sulzerschen Dampfmaschinenfabriken 230 bis 240 Dampfmaschinen mit zusammen etwa 30000 PS. Jede Ausstellung, die von der Firma beschickt wurde, brachte neue Anerkennungen und breitete den Ruf der Sulzer-Maschine immer weiter aus.

Die Sulzer-Maschine in ihrer äußeren Formgebung, in der Ausgestaltung ihrer Einzelteile und vor allem in dem konstruktiven Grundgedanken der Steuerung machte Schule für den ganzen Dampfmaschinenbau des Kontinents. Deutsche, österreichische, französische und belgische Firmen lernten es, Sulzer-Maschinen zu bauen.

Im II. Teil dieser Arbeit wird die technische Entwicklung, die Bedeutung und der Einfluß der Sulzer-Maschine eingehend zu zeigen sein. Höchst bemerkenswert in der Geschichte der Industrie, bei der ein Auf- und Niedergehen sich fast immer beobachten läßt, ist jedenfalls die Tatsache, daß nun schon in der dritten Generation die Firma Sulzer an der Spitze des Dampfmaschinenbaues marschiert. Eine Dampfmaschinengeschichte wird stets neben den großen Namen: Watt, Corliss und anderen auch die Namen Sulzer und Charles Brown nennen müssen.

Charles Brown, der mit seinen großen Konstruktionen die Grundlage zu dieser Entwicklung im Dampfmaschinenbau gelegt hatte, gründete 1871 in Winterthur die Schweizerische Lokomotivfabrik, deren Leitung er bis 1884 inne hatte. Schon die ganze Anlage der Fabrik und ihre Einrichtung, ließen wieder den großen Ingenieur erkennen. Die ersten Jahre waren geschäftlich sehr schwer. Große Aufträge, auf die man gerechnet hatte, verwirklichten sich nicht; deshalb beschäftigte sich Brown auch hier wieder mit ortsfesten Dampfmaschinen; auch im allgemeinen Maschinenbau war er tätig, besonders Pumpen verschiedener Art, Zentrifugalpumpen und Ventilatoren wurden gebaut. Im Maschinenbau ging Brown besonders mit höheren Geschwindigkeiten und höherem Dampfdruck (von 8 bis 10 at) voran. Hier führte er auch eine zwangläufige Ventilsteuerung, die 1878 auf der Ausstellung in Paris an die Öffentlichkeit trat, mehrfach aus. Im Lokomotivbau bestätigte er, obwohl ihm hierbei keinerlei praktische Erfahrungen

zunächst zur Verfügung standen, wieder seine große konstruktive Begabung. Er führte die Heusinger-Steuerung mit Kanalschieber ein und legte auch hier wieder großen Wert auf gefällige äußere Formen. Er schuf eine Lokomotive mit Balancierantrieb zum Ausgleich der hin- und hergehenden Massen, die mit der von ihm erfundenen Lenkersteuerung ausgerüstet für kleinere Nebenbahnen, für Rangier- und besonders auch für Straßenbahnlokomotiven oft verwendet wurde. Diese Kleinbahnlokomotiven wurden in den Jahren 1876 bis 1884 für alle Länder des Kontinents und auch für das überseeische Ausland ausgeführt.¹⁾

1884 wandte sich Brown wieder einem neuen Arbeitsgebiet zu. Armstrong beauftragte ihn, in Buzzole in Südtalien eine große Geschosfabrik einzurichten. In den nächsten 5 Jahren löste Brown auch diese Aufgabe. Dann ließ er sich 1890 als Zivilingenieur in Basel nieder, wo er bis zu seinem Tode, der ihn in dem Alter von 79 Jahren in voller Arbeitskraft am 7. Oktober 1905 ereilte, damit beschäftigt war, in mannigfachster Weise Dampfmaschinenkonstruktionen zu entwickeln.

Sein lebhafter Geist, der das Neue und Große mit Freuden begrüßte, sobald es einen Fortschritt verhieß, hat noch mit größtem Interesse das Entstehen der Dampfturbine verfolgt; und er, der ein halbes Jahrhundert an der Vervollkommnung der Kolbenmaschine in so überaus erfolgreicher Weise gearbeitet hatte, konnte in begeisterter Form von der Zukunft der Dampfturbine sprechen und von den großen Verdiensten, die sich sein Freund C. A. Parsons in England mit der konstruktiven Durchbildung und Einführung derselben erworben hat. Eine ganz besondere Genugtuung war es ihm, daß sein Sohn Charles Brown dazu berufen war, durch die Firma Brown, Boveri & Co. in Baden in der Schweiz die Turbine mit größtem Erfolg auf dem Kontinent einzuführen.

Statistische Angaben über die Verwendung motorischer Kräfte in der Schweizer Industrie sind leider nur in geringem Umfange vorhanden. Die folgende Übersicht läßt wenigstens erkennen, wie weit die Textilindustrie, besonders die Baumwollindustrie, was Benutzung der Dampfmaschine an belangt, voran steht. Die Zahlen zeigen ferner, in welchem Umfange sich auch die wasserkraftreiche Schweiz die Dampfkraft nutzbar gemacht hat.

¹⁾ Die Angaben über Browns Tätigkeit in der Lokomotivfabrik Winterthur 1871 bis 1884 verdanke ich den Mitteilungen des jetzigen Leiters der Fabrik, Herrn Direktor J. Weber. Die biographischen Mitteilungen rühren von Ch. Brown, der in wertvollster Weise meine Arbeit nach jeder Seite hin durch persönliche Mitteilungen und ausführliche schriftliche Darlegungen unterstützt hat, selbst her.

Die im Jahre 1896 in den einzelnen Gewerbegruppen der Schweiz vorhandenen Betriebe mit Kraftmaschinen und deren Leistung in PS:¹⁾

Gewerbegruppen .	Anzahl der Kraftmaschinenbetriebe	Leistung in PS	Davon entfallen auf	
			Wasser PS	Dampf PS
Verarbeitung von Häuten und Leder	88	1 615	745	736
Chem. und chem.-physik. Gewerbe	123	14 353	9 288	4 678
Metallbearbeitung	171	10 339	7 951	1 467
Salinen, Bearbeitung von Steinen und Erden .	247	10 152	5 720	3 840
Bijouterie und Uhrmacherei	276	2 473	1 275	589
Papierfabrikation und polygraph. Gewerbe . .	335	11 315	8 146	2 138
Maschinenindustrie	365	10 983	3 993	4 680
Lebens- und Genußmittel	434	19 158	9 467	7 666
Holzbearbeitung	480	9 999	5 004	4 160
Textilindustrie	818	62 327	36 271	23 569
Zusammen	3337	152 714	87 860	53 523

Auf die Hauptzweige der Textilindustrie verteilten sich die 1896 auf das ganze Arbeitsgebiet ermittelten 818 Kraftmaschinenbetriebe mit 62327 PS wie folgt:

Gewerbeart	Anzahl der Betriebe	Leistung in PS
Leinenindustrie	11	732
Wollindustrie	101	6 014
Seidenindustrie	201	11 232
Baumwollindustrie	445	43 011
Andere Textilindustrie	60	1 337
Zusammen	818	62 326

6. Frankreich.

Die ersten Dampfmaschinen Frankreichs. — Constantin Pèrier und seine Bedeutung für den französischen Dampfmaschinenbau. — Watts Beziehungen zu Frankreich. — Entwicklung des französischen Dampfmaschinenbaues im 19. Jahrhundert. — Die Entwicklung des elsässischen Dampfmaschinenbaues unter französischer Herrschaft. — Statistische Angaben über Ausbreitung und Anwendung der Dampfmaschine. — Flußschiffahrt und Eisenbahnlokomotive in Frankreich.

Frankreich erhielt 1726 seine erste Dampfmaschine. Sie stammte aus England, und zwei englische Unternehmer, May und Meyer, die in Frankreich

¹⁾ 59,6 v. H. aller Kraftmaschinenbetriebe der Schweiz bedienen sich der Wasserkraft; auf sie entfallen 57,5 v. H. der ermittelten PS.

sich niederließen, sollen sie in Passy bei Paris zum Wasserheben benutzt haben. Es war eine atmosphärische Maschine normaler Bauart, die in wesentlichem mit einer 1722 zu Griff bei Coventry erbauten Maschine übereinstimmte.¹⁾

1732 kam auf einem Steinkohlenbergwerk zu Anzin (Nord) eine zweite atmosphärische Pumpmaschine in Betrieb,²⁾ 1749 eine dritte auf einem Bergwerk zu Littry, die erst 1799 durch eine neue ersetzt wurde.³⁾

Bekannter wurde die Dampfmaschine jedenfalls erst durch die Gebrüder Périer, die auch die erste Dampfmaschinenfabrik Frankreichs gründeten. Wieder war es eine Pumpmaschine, die aber diesmal nicht den Bergbau von dem zuströmenden Wasser befreien, sondern Paris mit Wasser versorgen sollte.

Der Artilleriehauptmann von Auxiron, der in der Erfindungsgeschichte des Dampfschiffs bereits zu erwähnen war, hatte schon 1765 in einer Denkschrift den Plan, mit Hilfe der Dampfmaschine Paris mit Wasser zu versorgen, näher entwickelt, worüber Lavoisier 1771 der Akademie der Wissenschaften berichtete.

1776 griffen die Gebrüder Périer diesen Plan wieder auf, um ihn, nachdem Auxiron 1778 gestorben war, auch tatkräftig durchzuführen; sie gründeten eine Gesellschaft und brachten das nötige Kapital zusammen. Constantin Périer, der technisch bedeutendere der beiden Brüder, reiste nach England, um die Dampfmaschine zu studieren und von dort auch die hauptsächlichsten Teile mit herüberzubringen.

1777 besuchte Périer W. Wilkinson in Broseley, um sich von ihm atmosphärische Maschinen anfertigen zu lassen. Überzeugt, daß die Wattschen Maschinen doch wesentlich besser wären, versuchte er Wilkinson zu veranlassen, ihm Wattsche Dampfdruckmaschinen zu bauen, mit dem Hinweis, daß Watt in Frankreich noch keinerlei gesetzlichen Schutz auf seine Erfindungen habe; man könne es ohne Gefahr deshalb wohl wagen.

¹⁾ s. Abridgements of spec. S. 44; Machines approuvées Bd. 4. S. 109. Engineer 1905 II S. 130 bringt eine Abbildung der Maschine nach französischen Quellen. Auch findet sich hier eine Stelle aus Verduns Journal historique sur les matières 1727, S. 231, angeführt, wonach John May ein Engländer war, der die Maschine erfunden und ein Privilegium auf ihre Ausführung erhalten habe. Die Leistung wird auf mehr als 60 Pferde angegeben. 167200 Kubikfuß Wasser wurden an einem Tage gehoben.

Im „Merkwürdigen Wienn“ wird berichtet, daß Potters Bruder vom Könige von Frankreich „100000 Livres“ erhalten habe, um die Maschine in England zu bauen und nach Frankreich zu bringen. Auch soll ein „Königlich französischer Architectus und Aufseher über die Brücken und Landstraßen des Königreichs, Herr Bosfrands, dergleichen verfertigt haben“. Ferner soll (s. Döhlhoff S. 9) der Herzog von Antin sie zu Cachan bei Arcueil im Hause des Architekten besichtigt haben.

²⁾ Statistique de l'industrie usw. 1902. Paris 1903. Ministre des Travaux publics.

³⁾ Journ. de l'Industrie Bd. I, S. 355 usw., und III, S. 505—512. Daraus Polyt. Zentralblatt 9. März 1838, S. 209, unter Titel: Frankreichs Dampfmaschinenkraft. Die folgenden statistischen Angaben, soweit sie sich bis 1835 erstrecken, sind diesem Aufsatz entnommen.

Wilkinson aber lehnte es entschieden ab, da er, mit Watt befreundet, es als einen Verrat ansah, wohl aber riet er Boulton und Watt dazu, Périer mäßige Bedingungen zu stellen, damit er nicht in die Versuchung käme, auf anderem Wege sich Watts Erfindungen anzueignen.

Es wird dann auch 1778 eine Maschine für Frankreich gebaut, die im September bereits fertig sein sollte. Ein gewisser Jary, den Watt als einen kenntnisreichen, talentvollen Mann schildert, scheint der Geschäftsführer Watts in Frankreich gewesen zu sein. Aber auch ihm wollte Watt das Verkaufen von Dampfmaschinen in Frankreich durch billige Preisstellung nicht zu sehr erleichtern. Watt versicherte, daß er durchaus nicht den Ehrgeiz hätte, die ersten Dampfmaschinen Frankreichs erbaut zu haben, ihm läge daran, auch einen geschäftlichen Gewinn zu erzielen. Zunächst begnügte sich Watt, den Franzosen eine kleine Modellmaschine hinüberzusenden, „die in ihrer Wirkungsweise leicht zu übersehen sei und oft den Leuten noch mehr Vergnügen mache, als eine große Maschine.“ Inzwischen bemühte sich auch Watt und Boulton gesetzlichen Schutz in Frankreich für die Dampfmaschine zu erhalten.

Der König von Frankreich bewilligte 1778 ein Privilegium, das aber erst in Kraft treten sollte, wenn in Frankreich eine Maschine ausgeführt und die praktische Brauchbarkeit nachgewiesen sei. Watt und Boulton verbanden sich deshalb mit Jary, der es übernahm, die Wattsche Versuchsmaschine auf einem Kohlenbergwerk in der Nähe von Nantes selbst aufzustellen und in Betrieb zu setzen.

Inzwischen war auch Périer 1779 zum zweiten Male nach England gekommen; Boulton hatte ihn selbst in Paris eingeladen, die Sohoer Fabrik zu besuchen. Hier traf er auch mit Watt zusammen, mit dem er in ausführlichster Weise seine Pläne über Einführung der Dampfmaschine in Frankreich besprach. Im nächsten Jahre errichtete Périer bereits drei Dampfmaschinen, eine genau nach Wattschen Angaben, die beiden anderen „mit Änderungen, die er selbst erdacht hatte“.

1785 wurden in der Périerschen Fabrik in Paris schon Maschinen mit Drehbewegung gebaut; in ihrer eigenen Gießerei konnten sie Zylinder bis zu 30 Zoll Durchmesser herstellen. Damals entstanden hier auch die Wasserkmaschinen für die Stadt Lyon.

Auch die ersten drei in Frankreich erteilten Dampfmaschinenpatente erhielt Périer; sie stammen aus den Jahren 1792, 1800 und 1807.¹⁾

Constantin Périer wurde auch unmittelbar durch Ludwig XVI. 1783 zum Mitglied der Akademie der Wissenschaft, und zwar in der Abteilung für Mechanik ernannt. Hohe Würdenträger scheinen damals noch nicht einen „Mechaniker“, der „nur“ den Dampfmaschinenbau in Frankreich eingeführt hatte, dieser hohen Ehre für würdig gehalten zu haben,

¹⁾ s. Armengaud Publ. ind. Bd. IV. S. 166. — Von 1823 bis 1830 wurden 31 Patente auf Dampfmaschinen in Frankreich erteilt. Von 1792 bis 1852 mehr als 400.

aber ihren Vorstellungen stand der Machtspruch des Königs entgegen. 1815 vereinigte sich mit Périer der englische Ingenieur Edwards, ein Musterarbeiter Woolfs, der in der Périerschen Maschinenfabrik auch die ersten Mehrfach-Expansionsmaschinen Frankreichs ausführte. So gelangte die erste Dampfmaschinenfabrik Frankreichs bald zur Blüte und wurde zur Schule für die ersten Dampfmaschinenbauer Frankreichs; um 1830 gehörte sie noch zu den bedeutendsten Frankreichs. Der Begründer Constantin Périer¹⁾ starb 1818 zu Paris.

Die französische Regierung hat auch unabhängig von Périer durch Watt selbst den Dampfmaschinenbau nach Frankreich zu übertragen versucht.²⁾

Im Oktober 1786 wurde Watt vom französischen Ministerium eingeladen, Paris zu besuchen und ein Gutachten über die berühmten Wasserkwerksmaschinen zu Marly abzugeben. Watt und Boulton folgten einige Monate später dem ehrenvollen Ruf. Sie wurden in Paris mit großer Auszeichnung empfangen. Durch glänzende Anerbietungen suchte man Watt zu bewegen, den Dampfmaschinenbau in großem Maßstabe in Frankreich einzuführen. Watt aber lehnte es entschieden ab, sich in irgendeine Fabrikation einzulassen, die dem Interesse seines eigenen Vaterlandes zuwiderlaufe. So glaubte auch noch ein James Watt, England das Monopol auf die Dampfmaschine dauernd erhalten zu können.

Die ehrwürdige Maschinenanlage zu Marly, die damals, wie Watt schrieb, mit ebensoviel Mißbehagen angesehen wurde, als sie früher Ehre der Nation war, wurde besichtigt und allgemeine Vorschläge darüber abgegeben. Ausführliche Pläne wollte man erst einreichen, wenn sich die Akademie über die „400 Vorschläge“, welche man ihr über Instandsetzung der Maschinen zu Marly unterbreitet hatte, geäußert haben würde.

Was Périer mit Hilfe englischer Ingenieure begonnen, setzten andere fort. Eine ganze Reihe hervorragender Konstrukteure traten in den nächsten Jahrzehnten an die Spitze des französischen Dampfmaschinenbaues.

Anfangs waren die Beziehungen zu England sehr nahe. Englische Ingenieure waren die Lehrmeister Frankreichs im Dampfmaschinenbau. 1822 gründeten zwei kapitalkräftige englische Ingenieure Manby und Wilson in Charenton bei Paris große Maschinenfabriken, Walzwerke und Eisen gießereien. Ein altes verfallenes Kloster bot dem neuen Unternehmen die erste Unterkunft. Die Begründer brachen auch mit der Geheimniskrämerei;

¹⁾ Jacques-Constantin Périer wurde am 2. November 1742 zu Paris geboren. Frühzeitig begann er sich im Verein mit seinem Bruder Auguste-Charles erfolgreich in der Industrie zu betätigen. Fünfmal besuchte er England. s. Nouvelle Biographie générale 1862, Bd. 39, S. 599. Ferner Hamel in Försters Allgem. Bauzeitg., Bd. 31. Wien 1866, S. 103—105.

²⁾ s. Muirhead, Mech. Invent. of J. Watt, London 1854, Bd. 2. Watts Briefwechsel.

ihre Fabriken waren jedem zugänglich. Selbst Zeichnungen und Modelle stellten sie anderen zur Verfügung.¹⁾

Nach und nach entwickelte sich auch ein selbständiger französischer Maschinenbau, der es verstand, sich mehr und mehr vom englischen Einfluß zu befreien, allerdings vielfach auf Kosten der konstruktiven Einfachheit. Die Franzosen liebten es, besondere Feinheiten in der Steuerung und in der Regulierung an ihren Maschinen anzubringen, die mehr in der theoretischen Betrachtung als bei der praktischen Benutzung befriedigten.

In Paris verschaffte sich vor allem Farcot²⁾ eine hervorragende Stellung im Maschinenbau; von ihm rühren eine Anzahl bedeutender Konstruktionen her. Sein Name ist auch außerhalb Frankreichs durch die nach ihm benannte Schleppschiebersteuerung sehr bekannt geworden. Noch heute blüht die von ihm gegründete Dampfmaschinenfabrik, Farcot Frères & Cie., und nimmt eine der ersten Stellen unter den französischen Maschinenfabriken ein.

Außerhalb Paris entstanden Fabriken naturgemäß dort, wo andere Industrien die Dampfmaschine besonders nötig brauchten, wo also der Bedarf an Dampfmaschinen groß war. So in den Industriegebieten der Loire, in Lyon, St. Etienne, dann in Lille und vor allem auch für Schiffsmaschinen in Marseille und Toulon.

Von hervorragenden Dampfmaschinenbauern in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts sind noch zu nennen: Saulnier, Cavé, Cail, Calla, Bourdon und Hallette.³⁾

¹⁾ s. Beck, Gesch. d. Eisens, Bd. IV.

²⁾ Marie-Joseph-Denis Farcot, am 16. November 1798 zu Paris geboren, genöß eine gute Erziehung und wurde Feinmechaniker. 1820 ging er zum Maschinenbau über und arbeitete zuerst in der Périerschen Maschinenfabrik zu Chaillot. 1823 begründete Farcot zu Paris in der Straße Neuve-Sainte-Geneviève eine eigene kleine Maschinenfabrik. 1839 wurden die Werkstätten nach der Moreaustraße verlegt und 1849 eine neue große Fabrik in Saint-Ouen (Seine) erbaut, wo Farcot am 30. August 1875 starb; s. Soc. d'Encour. pour l'Ind. 1876. Eine Büste Farcots steht im Conservatoire nationale zu Paris; sie diente dem Bilde als Grundlage.

³⁾ s. Polyt. Zentralblatt 1838, Bd. I.

Saulnier war „mécanicien de l'Administration des Monnaies“. Seine erste kleine Dampfmaschine, 98 mm Zylinderdurchmesser, setzte er 1812 in Betrieb. s. Bull. d. l. Soc. d'Enc., Bd. 20. Paris 1821.

Cavé, am 12. September 1794 zu Mesnil in der Picardie als Sohn armer Bauern geboren, wurde Tischler und kam mit 17 Jahren auf der Wanderschaft nach Paris. Er arbeitete hier in mehreren Fabriken und brachte es 1820 zum Meister in einer Spinnerei. Hier führte er mehrere Verbesserungen ein und baute 1823 auch seine erste Dampfmaschine. Durch das Aufsehen, das seine oszillierenden Maschinen damals machten, ermutigt, gründete er mit seinen Ersparnissen von 5000 Fr. eine kleine Maschinenfabrik, die sich überraschend schnell entwickelte. 10 Jahre später galt Cavés Maschinenfabrik neben der Callas als die größte in Paris. In den großen Werkstätten zu Saint-Denis und Clichy an der Seine wurden Lokomotiven und Schiffsmaschinen bis zu den größten Abmessungen erbaut. 1852 gingen die Fabriken in andere Hände über; die einen kaufte Cail, die anderen Péreire. Cavé starb am 6. März 1875 zu Paris.

Besondere Bedeutung für den französischen Maschinenbau erlangten die berühmten Werkstätten von Schneider in Creuzot, die Dampfmaschinen jeder Bauart und jeder Größe lieferten; sie verstanden es, sich schon frühzeitig die wissenschaftliche Erkenntnis, die sie vielfach durch eigene Versuche sehr förderten, nutzbar zu machen.

Das schon zu Napoleons Zeiten berühmte Hüttenwerk zu Creuzot hatten die großen französischen Kriege zu Grunde gerichtet; 1818 war das Kapital von 14 Mill. Franken aufgebraucht; das Werk mußte liquidieren. Eine Familie Chagot übernahm es. 1826 ging es an Manby, Wilson & Co. über. Neue Hammerwerke wurden errichtet. Aber auch den neuen Besitzern gelang es nicht, das Unternehmen, trotzdem sie riesige Geldmittel aufwendeten, zu halten. 1833 waren auch sie am Ende. Am 1. Januar 1837 erwarben die Gebrüder Schneider¹⁾ die Werke; erst jetzt begann der riesige Aufschwung des Unternehmens im Maschinenbau. Große Werkstätten für Lokomotiven und Schiffsmaschinen wurden sofort errichtet. 1839 konnten schon 1000pferdige Schiffsmaschinen geliefert werden.

Eine sehr hervorragende Stelle in der französischen Industrie nahm schon frühzeitig das Elsaß ein.²⁾

Jean-François Cail war ebenfalls ein armer Bauernsohn, der, 1804 geboren, mit 12 Jahren das Kupferschmiedehandwerk erlernte, 1822 nach Paris kam und hier zuerst bei Ch. Derosne als einfacher Arbeiter sich sein Brot verdiente. Bald wurden seine Fähigkeiten entdeckt und gewürdigt und schnell stieg Cail von Stufe zu Stufe. 1836 wurde er Teilhaber der Firma Derosne & Cail. 10 Jahre später war er der alleinige Inhaber, der ein Millionenvermögen sich erworben hatte. Cail starb 1871.

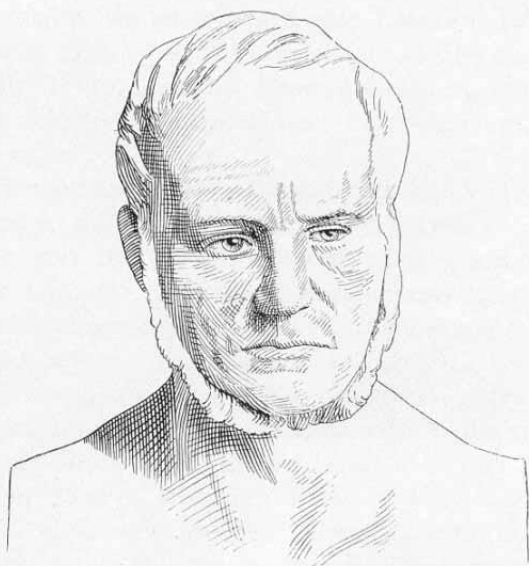
Calla, geboren 1802 zu Paris, gestorben 1884 zu Nizza. Sein Vater hatte als Schüler Vaucansons bereits 1788 eine mechanische Weberei errichtet.

Eugène Bourdon, am 8. April 1808 zu Paris geboren, war zuerst bei Calla tätig; er gründete 1835 in Paris eine eigene Fabrik für Dampfmaschinen und Werkzeugmaschinen. Am bekanntesten wurde er durch seine Manometer. Bourdon starb am 29. September 1884 in Paris.

Hallete, 1788 geboren, begründete 1815 eine Maschinenfabrik zu Arras, wo er 1846 starb (s. Grande Encyclopédie Paris).

¹⁾ Joseph-Eugène Schneider, am 29. März 1805 in Paris geboren, war frühzeitig darauf angewiesen, seinen Lebensunterhalt zu verdienen. Er wurde Kaufmann und machte seine Lehrzeit in einem Pariser Bankhaus durch, wo sein älterer Bruder Adolphe tätig war. 1830 wurde er Direktor der Eisenwerke zu Bazeilles bei Sedan. 1837 begründete er mit seinem Bruder zu Creuzot die Firma: Schneider frères et Co., deren Name 1845, als Adolphe gestorben war, in Schneider & Co. geändert wurde. Unter der tatkräftigen Leitung ihres Begründers, der seinen Sohn Paul-Henri als Teilhaber aufnahm, entwickelte sich das Werk zu einer Weltfirma ersten Ranges. J. C. Schneider starb am 27. November 1875 zu Paris; s. Grande Encyclopédie Paris.

²⁾ Über die Geschichte der elsässischen Industrie enthält wertvolle Angaben das großangelegte Werk: „Histoire Documentaire de l'Industrie de Mulhouse et de ses environs au XIX^{me} siècle,“ herausgegeben von der Industriellen Gesellschaft zu Mülhausen 1902. Das Kapitel, das besonders den Dampfmaschinenbau behandelt, hat Ch. Goerich, der Direktor der elsässischen Maschinenbau-Gesellschaft, verfaßt.



M. Jos. D. Farcot

geb. 16. Nov. 1798, gest. 30. Aug. 1875

Die Maschinenindustrie in Mülhausen knüpft unmittelbar an eine blühende Textilindustrie an, die ihre Maschinen bis in die 20er Jahre des vorigen Jahrhunderts hinein ausschließlich aus England bezog. Die erste Maschinenfabrik wurde 1817 von Mathias und Jeremias Risler zu Cosnay, auch im Anschluß an eine Spinnerei, gegründet. Wasserräder und Dampfmaschinen wurden in dieser Fabrik gebaut. Besondere Schwierigkeiten machte die Gießerei. Das Gußeisen, das man unmittelbar aus den Hochöfen goß, war so hart, daß man es kaum bearbeiten konnte.

Die Gebrüder Risler vereinigten sich dann mit einem englischen Ingenieur Dixon und ließen auch englische Arbeiter kommen. Die Fabrik war technisch sehr gut geleitet, um so weniger aber glückte es in kaufmännischer Beziehung. So brachte sie es nur auf eine Lebensdauer von 15 Jahren. Aber was hatte er in dieser Zeit alles geleistet! Neben einer großen Anzahl von Maschinen für Textilindustrie, Papiermaschinen, Druckereimaschinen usw. waren auch bereits 50 Dampfmaschinen für hohen und mittleren Druck aus ihr hervorgegangen.

Zu einer der bedeutendsten Maschinenfabrik der Welt entwickelte sich aus kleinen Anfängen die Maschinenfabrik von André Koechlin & Co. in Mülhausen, die von drei Unternehmern 1826 gegründet wurde. Sie bestand aus einer Gießerei und einer Maschinenwerkstatt, die, so vollkommen wie möglich eingerichtet, sich die Aufgabe stellte, alle Maschinen für die Industrie zu liefern. Das war nicht leicht, da keiner der Gründer von Haus aus Maschinenbauer war. Es galt daher, gute Beziehungen zu englischen Konstrukteuren zu gewinnen. Einem der Gründer, Henry Bock, glückte es, auf einer Reise nach England mit der berühmten englischen Maschinenfabrik von Sharp, Roberts & Co. zu Manchester in Verbindung zu treten. Roberts, einer der größten Konstrukteure des vorigen Jahrhunderts, kam selbst nach Mülhausen, um die Einrichtung der Fabrik zu übernehmen und den Bau der ersten Maschinen in die Wege zu leiten. Aber die Lage blieb schwierig, die Abhängigkeit von England erschwerte das Vorwärtskommen, denn die Engländer bewahrten noch sehr sorgfältig ihr Geheimnis.

Deshalb war es für das Unternehmen höchst wichtig in Jeremias Risler, der 1830 nach Mülhausen gezogen war, eine von England unabhängige, bewährte technische Leitung zu erhalten. Anfangs war die Gießerei die Hauptsache. Die Fabrik erwarb sich einen großen Ruf und goß nicht nur für den eigenen Bedarf, sondern auch für eine Anzahl anderer Fabriken. Noch heute hat sich im Volksmunde die Bezeichnung der Fabrik als „Gießerei“ erhalten. Neben den Maschinen der Textilindustrie wurden auch schon frühzeitig Wasserräder hergestellt; 1834 wurde die erste Fourneyron Turbine erbaut.

Die ersten Dampfmaschinen waren wie überall auch hier Wattsche Niederdruckmaschinen der bekannten Bauart. Sehr bald aber wurden auch Woolfsche Balanciermaschinen erbaut und als Betriebsmaschinen für Spinne-

reien vielfach ausgeführt. Bald suchte man auch Maschinen ohne Balancier auszuführen und baute unter anderem sehr schöne Maudslaysche Tischmaschinen. 1834 erwarb auch André Koechlin Roentgens Patent auf Verbundmaschinen und führte die ersten Verbundmaschinen Frankreichs aus.

Auch die erste Lokomotive, die auf der ersten Eisenbahn von Mülhausen nach Thann verwendet wurde, ging aus den Werkstätten André Koechlings hervor. Sehr bald erwarb sich auf diesem Gebiete die Firma einen Ruf, der weit über die Grenzen ihres engeren Vaterlandes hinausging. Schon bedeutende Geschwindigkeiten wurden damals erreicht, so z. B. mit einer 1841 erbauten Lokomotive 70 km in der Stunde. 1864 konnte die 1000ste Lokomotive die Werkstatt verlassen. 1900 wurde die 5000ste Lokomotive auf die Ausstellung nach Paris gesandt.

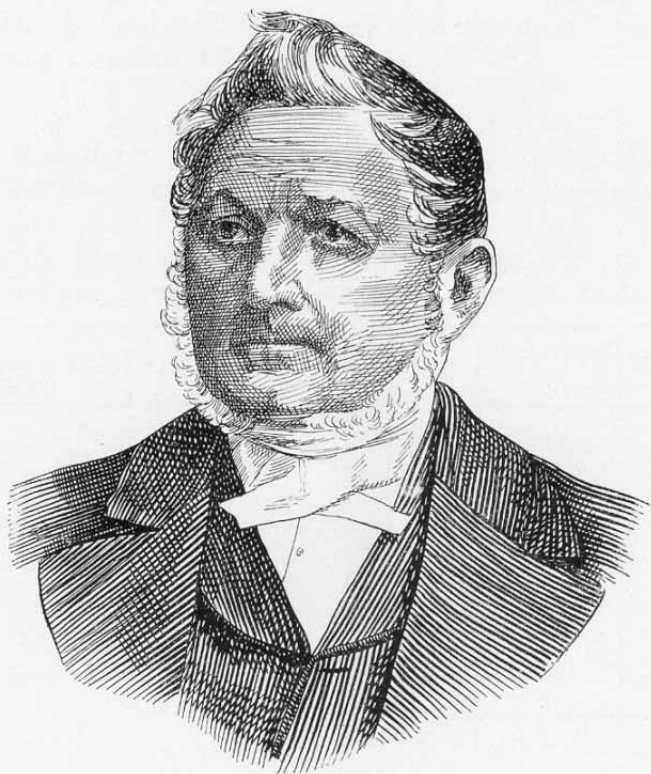
1867 traten die beiden Söhne Koechlings als Teilhaber und noch fünf andere Unternehmer dem Werke bei, der Name der Firma wurde beibehalten. Der Krieg 1870 hatte naturgemäß großen Einfluß auf die Entwicklung. Mehrere der Besitzer verließen das Land; 1872 entschloß man sich, die Fabrik in eine Aktiengesellschaft zugleich mit der Maschinenfabrik zu Grafenstaden unter der Firma Elsässische Maschinenbau-Aktiengesellschaft umzuwandeln, von der aus, besonders für den französischen Markt, dann 1878/79 eine dritte große Maschinenfabrik in Belfort gegründet wurde. Von den ersten Anfängen an stetig weiter arbeitend, gehört sie heute, ebenso wie vor vielen Jahrzehnten, zu den ersten Dampfmaschinenfabriken der Welt.

André Koechlin, der Gründer des Werkes, geboren 1789, starb 1875.

Als elsässischer Maschinenbauer ist ferner sehr bekannt geworden Jean Jacques Meyer, der 1834 in Mülhausen eine nur für die Konstruktion von Dampfmaschinen bestimmte Fabrik gründete. Als ausnehmend hervorragender Konstrukteur gelang es ihm bald, seinen Maschinen einen großen Ruf zu erwerben. Besonders bekannt wurde er durch seine vom Regulator beeinflussbare Steuerung (Patent 1841) und durch seine Doppelschiebersteuerung mit rechtem und linkem Gewinde.

Auch im Lokomotivbau hat sich Meyer hervorragend betätigt. Der Bau der Straßburg-Baseler Eisenbahn brachte ihm den ersten Auftrag auf zwei Lokomotiven bei denen er seine Verbesserungen anbrachte und Brennstoffersparnisse bis zu 40 v. H. erzielte. Die große Geschäftskrisis 1843 brachte das Bankgeschäft, mit dem er arbeitete, zum Konkurs der auch seinen eigenen nach sich zog. Eine Aktiengesellschaft, die sich bezeichnender Weise „Expansion“ nannte, führte dann die Firma noch drei Jahre weiter.

1844 erhielt Meyer auf der französischen Industrieausstellung die goldene Medaille, und eine sehr lobende Aufzählung seiner Erfindungen wurde veröffentlicht. 1846 verließ Meyer endgültig seine Geburtsstadt Mülhausen und zog nach Paris. Meyer starb 1877 in Paris, nachdem er noch weiter konstruktiv sich hervorragend betätigt hatte (geboren 1804).



André Koechlin
geb. 1789, gest. 1875

Besonders bekannt wurde unter den Begründern des elsässischen Maschinenbaues auch Jacques André, der 1821 in Pariser Fabriken sich große praktische Erfahrungen erworben hatte. Nach Hause zurückgekehrt, gründete er 1829 mit seinen Vettern und seinen Brüdern eine kleine Werkstatt in Masevaux, die er dann 1840 nach Thann verlegte. Spinnereimaschinen, Turbinen und Dampfmaschinen waren das Hauptgebiet seiner Tätigkeit. Er starb 1850. Die Leitung der Fabrik ging später über an seinen Verwandten, Louis Berger;¹⁾ er war es, der zuerst die Corliss-Maschine in Osten und Südosten Frankreichs einführte, auch eine Anzahl Veränderungen an der Steuerung vornahm.

Über die Bedeutung der Dampfmaschine in Frankreich, über ihre Ausbreitung und Verteilung auf die einzelnen Provinzen mögen folgende Zahlen und Figuren einige Auskunft geben.

Wie sich die Dampfmaschinen Frankreichs 1835 und 1902 auf einige der industriereichsten Departements verteilten, zeigt die Zahlentafel:

Departement	Anzahl der Dampfmaschinen	
	1835	1902
Nord	297	6727
Seine	197	5789
Loire	175	2020
Seine-Inférieure	160	1977
Rhône	65	1538
Aisne	49	2076
Haut-Rhin	48	—
Saône et Loire	45	1888
Gard	35	1187
Marne	34	—
Zusammen:	1105	

1835 kamen somit etwa dreiviertel der gesamten Dampfmaschinenkraft auf die genannten zehn Bezirke.

Ein von dem Ingenieurkorps für Bergbau, Brücken- und Straßenwesen aufgestellter Nachweis über die Dampfmaschinen Frankreichs, aus dem Jahr 1833, zeigt wie erst 1816 die Dampfmaschine größere Bedeutung in Frankreich gewinnt.

Nur langsam entwickelte sich anfangs der Dampfmaschinenbau. 1784 gab es zwei Dampfmaschinen in Frankreich; nur 20 wurden bis 1816 erbaut.

Es waren anfangs gewöhnlich kleinere Maschinen, 1835 wurden schon 248 Hoch- und Mitteldruckmaschinen mit 2584 PS neben 45 Niederdruck-

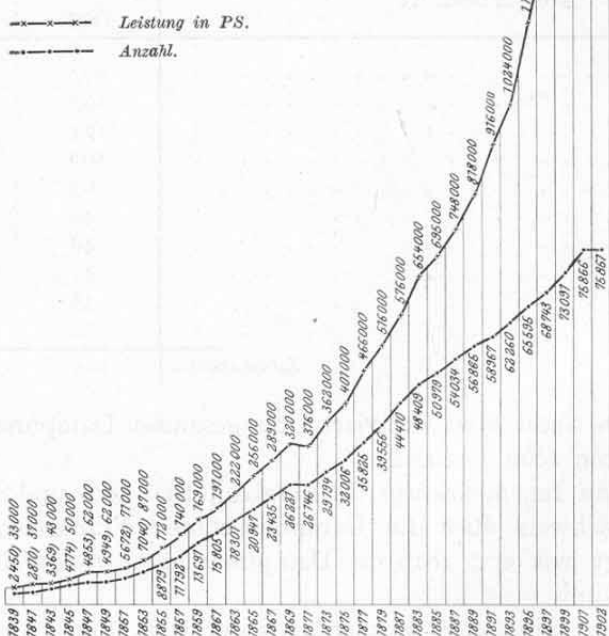
¹⁾ Louis Berger starb 1898 und hinterließ eine große Maschinenfabrik, die neben dem allgemeinen Maschinenbau, vor allem die Corliss-Maschine in der verschiedensten Bauart von 50 bis 2000 PS in mustergültiger Weise zur Ausführung brachte.

maschinen und 580 PS erbaut. Insgesamt wurden von 1784 bis 1835 in Frankreich 1448 Dampfmaschinen mit 19 126 PS erbaut.

In der gleichen Zeit hatte England etwa eine Dampfmaschinenleistung von rund 200 000 PS im Betrieb; das will noch mehr sagen, wenn man

Fig. 28

Die Dampfmaschinen in
der Industrie Frankreichs
von 1839 bis 1902.



berücksichtigt, daß die Bevölkerung Englands damals nur dreiachtel von der Frankreichs ausmachte.

Die Leistungen der einzelnen Maschinen schwankten 1835 zwischen $\frac{1}{5}$ bis 105 PS; die größte Maschine Frankreichs von 105 PS trieb 1835 zu Imphy (Nièvre) ein Kupferwalzwerk.

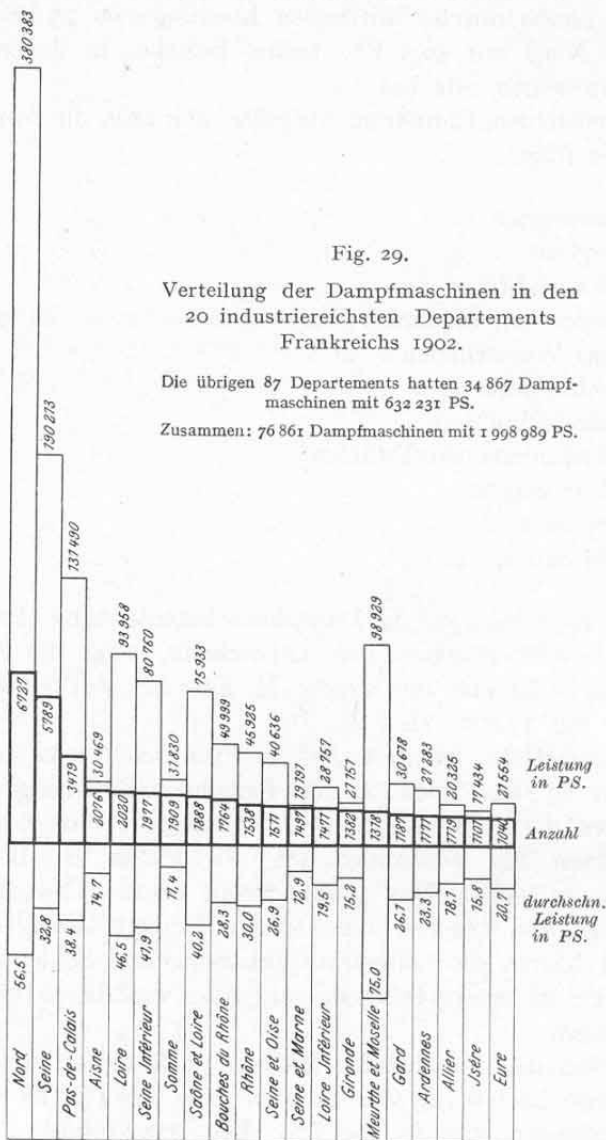
Von den 1448 Dampfmaschinen, die 1835 in Frankreich in Tätigkeit



Jean Jacques Meyer
geb. 1804, gest. 1877

waren, stammten 1112 aus Frankreich, 191 waren eingeführt, von 145 ließ sich der Ursprung nicht ermitteln.

Die Entwicklung der Dampfmaschinen in Frankreich von 1839 bis 1902 zeigt die Figur 28. Auch hier ist wieder zu ersehen, wie viel schneller



die Leistung steigt als die Anzahl, daß die Maschineneinheiten also stetig größer werden.

Wie sich die Dampfmaschinen 1902 auf die an Dampfmaschinen reichsten Bezirke Frankreichs verteilen, zeigt die Figur 29. Die Departements sind hier nach der Gesamtleistung ihrer Dampfmaschinen in PS geordnet, außerdem ist Anzahl und durchschnittliche Leistung angegeben.

Allen Bezirken voran steht Nord mit 380 383 PS, das ist fast ein Sechstel der gesamten Dampfmaschinenleistung Frankreichs, es folgt in weitem Abstand Seine mit 190 213 PS.

Die stärksten Maschinen sind im Departement Meurthe et Moselle mit der sehr hohen durchschnittlichen Leistung von 75 PS vorhanden, es kommt dann Nord mit 56,5 PS, beides Bezirke, in denen besonders der Kohlenbergbau seinen Sitz hat.

Auf die einzelnen Industrien verteilte sich 1835 die Anzahl der Dampfmaschinen wie folgt:

Spinnereien	404
Bergbau	266
Zuckerfabriken	112
Gießereien, Hämmer, Walzwerke	83
Zum Wasserheben	76
Tuchweberei	72
Getreidemühlen	52
Maschinenbauwerkstätten	51
„Zum Sägen“	36
Appretur	34
Oelmühlen	29

Wie von 1877 bis 1902 die Dampfmaschinenleistung (PS) in den hauptsächlichsten Gewerbegruppen sich entwickelte, zeigt die Figur 30.¹⁾ Die Textilindustrie steht hier mit 22,3 v. H. aller PS weit voran, dann kommt Hüttenwesen mit 17,7 v. H.

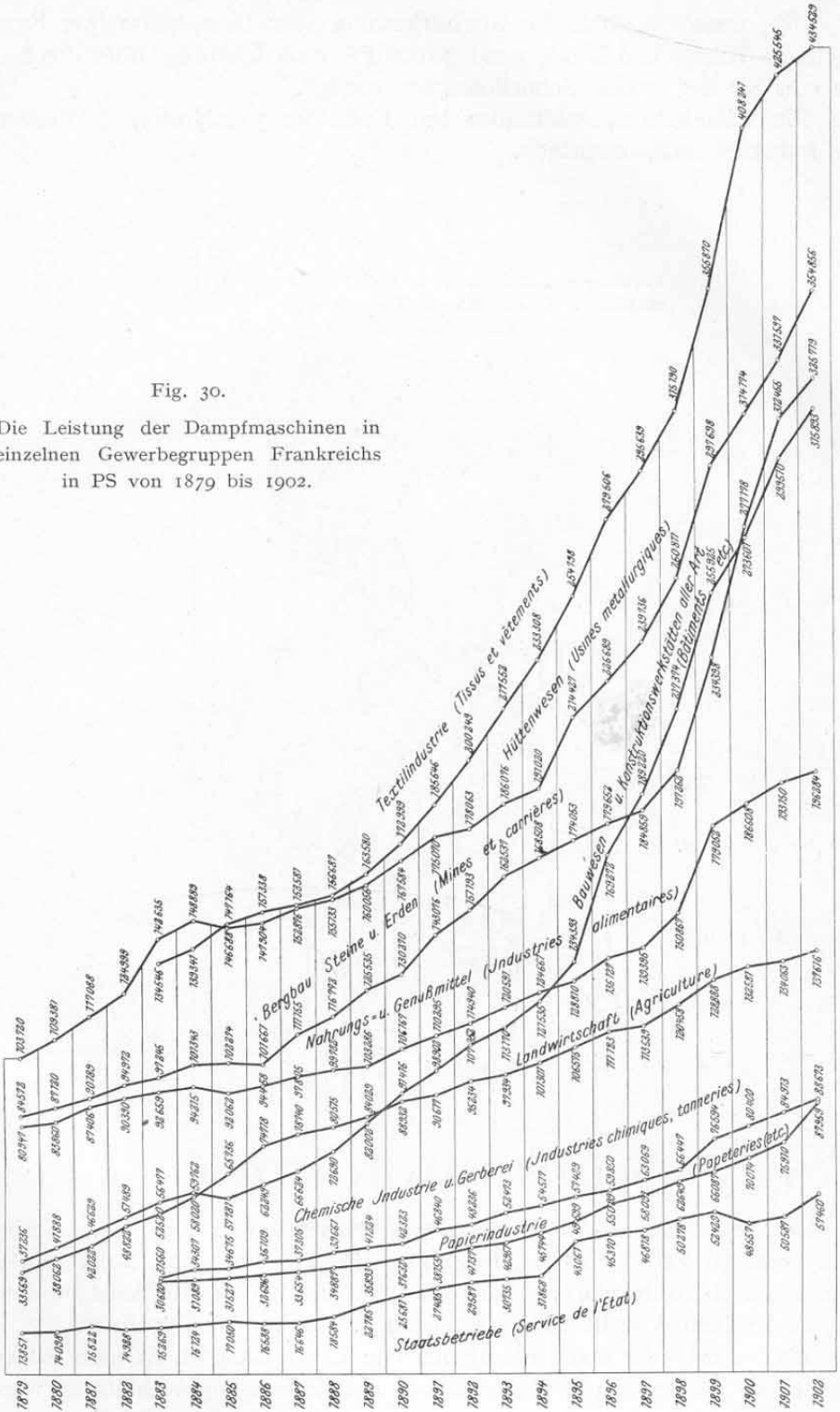
Der Flußschiffahrt dienten 1835 in Frankreich etwa 100 Dampfboote, davon waren 63 ausschließlich für Personenbeförderung bestimmt; von diesen konnten die größten 600, die kleinsten 30 Personen aufnehmen. 118 Dampfmaschinen mit zusammen 3863 PS waren als Betriebsmaschinen dieser 100 Boote tätig. Das größte Schiff besaß 2 Maschinen von je 70, also zusammen von 140 PS; die kleinste Einheit betrug 8 PS. 50 Jahre später (1885) hatten die Gütertransportschiffe und Schleppdampfer bereits fast 500 000 PS zu ihrer Verfügung und 1902 war die Leistung auf 861 605 PS angewachsen.

1835 besaß die französische Marine 32 Dampfschiffe mit zusammen 4800 PS, davon hatten die vier größten jedes 220 PS, 20 Schiffe verfügten Maschinenleistungen von je 160 PS. Die französische Post besaß 1835 10 Dampfboote auf dem Mittelländischen Meer mit zusammen etwa 1600 PS.

¹⁾ Die statistischen Angaben sind der vom Minister der öffentlichen Arbeiten herausgegebenen: *Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France*, Paris 1903, entnommen. Ferner s. *Journ. de l'Industr.* 1835, Bd. I und III. und daraus *Polyt. Zentralblatt*, Leipzig 1838 I., S. 209.

Fig. 30.

Die Leistung der Dampfmaschinen in einzelnen Gewerbegruppen Frankreichs in PS von 1879 bis 1902.



1835 erreichte somit die Gesamtleistung aller Dampfmaschinen Frankreichs zu Wasser und Lande rund 30 000 PS, eine Leistung, über die heute ein einziger der großen Schnelldampfer verfügt.

Die Eisenbahnen entstanden erst Ende der 30er Jahre; sie förderten die Industrie außerordentlich.



Die erste Eisenbahn Frankreichs wurde durch königliche Verordnung vom 26. Februar 1823 genehmigt. Es war die 23 km Bahn von St. Etienne nach Andrezieux, durch die man die reichen Kohlenlager dieser Gegend ausbeuten wollte; sie wurde am 1. Oktober 1828 eröffnet.

1831 wurde die erste Eisenbahn von Lyon nach St. Etienne (60 km) erbaut; sie diente zum Kohlentransport und die Steigungsverhältnisse waren



Marc Séguin

geb. 20. April 1786, gest. 24. Febr. 1875

so günstig, daß nur die leeren Wagen auf eine längere Steigung durch Lokomotiven zu befördern waren, um dann beladen durch ihr Gewicht bis zur Entladestelle am Rhoneufer zu laufen.¹⁾ Die Lokomotiven waren von Séguin²⁾ erbaut.

Diese erste Eisenbahn Frankreichs, auf der wenigstens teilweise schon Lokomotiven verwendet wurden, erregte weitgehendes Interesse. 1831 wurde sie auch bereits von den elsässischen Industriellen Emil Koechlin und J. A. Schlumberger besucht und eingehend studiert. Das Ergebnis führte zu einem Eisenbahnprojekt von Mülhausen nach Thann, das auszuführen Nicolas Koechlin, 17. Juli 1837, die staatliche Erlaubnis erhielt.

Die erste Lokomotive „Le Napoléon“, von André Koechlin erbaut, konnte am 6. August 1839 den Betrieb auf dieser Strecke eröffnen. Die Lokomotive war nach dem Muster von Sharp, Roberts & Co. in Manchester erbaut.

1835 wurde auch die erste Hauptbahnstrecke von Paris nach St. Germain (19 km) genehmigt. Bis Ende 1840 waren bereits 497 km eröffnet und 1841 638. Genehmigt waren 880 km und zwar an 14 Gesellschaften; 179 Mill. Franken hatte man bis 1841 für Eisenbahnen aufgewendet.³⁾

Wie sich die Leistung der Lokomotiven und Schiffsmaschinen in PS ausgedrückt, im letzten Vierteljahrhundert entwickelte, zeigt die Figur 31.

7. Belgien.

Die Entwicklung der belgischen hochbedeutsamen Maschinenindustrie ist auf das engste mit den Schöpfungen des großen Unternehmers John Cockerill⁴⁾ verknüpft.

John Cockerill wurde am 3. August 1790 als dritter Sohn eines englischen Maschinenbauers William Cockerill zu Haslingden in Lancashire geboren.

Der Vater ging 1797 nach Schweden, um dort mit seinen beiden älteren Söhnen William und James Spinnmaschinen einzuführen. Er hatte nicht viel Glück mit seinem Unternehmen, die Industrie war noch zu wenig entwickelt; er ging dann nach Belgien, knüpfte dort 1799 Ver-

¹⁾ s. Histoire documentaire, Mulhouse 1902, S. 880.

²⁾ Max Séguin, Neffe des berühmten Luftschiffers J. de Montgolfier wurde besonders durch den von ihm 1827 erfundenen Röhrenkessel berühmt. Am 20. April 1786 zu Annonay (Ardèche) geboren, starb er ebendasselbst am 24. Febr. 1875. Seine Büste ist im Conservatoire national zu Paris aufgestellt, sie diente auch dem Bild als Grundlage.

³⁾ s. Geschichte der französischen Eisenbahn, Röhl, Encycl. d. Eisenb. Bd. 4, S. 1680.

⁴⁾ s. Pierre Jacquemin: John Cockerill, Sa Vie Industrielle 1790—1840, und von demselben Verfasser: L'Établissement Cockerill Liège 1878.

bindungen mit einer großen Spinnerei in Verviers an, kehrte aber auch von da bald wieder nach London zurück.

1802 finden wir ihn von neuem in Belgien, wo er mit den bescheidensten Mitteln in Lüttich eine kleine Werkstatt errichtete und hier, von seinen drei Söhnen als seinen drei Arbeitern unterstützt, anfang, Maschinen für die Textilindustrie zu bauen. Der Erfolg war schnell und durchschlagend. Die Werkstätten wurden bald zu klein; ein neues Grundstück wurde erworben. Die Fabrikation dehnte sich aus, und bereits der Vater John Cockerills erwarb sich Reichtum und Ansehen. Sein jüngster Sohn aber hatte früh den Wunsch, „ganz groß“ zu werden. Eine schnelle Auffassung, eine ungewöhnliche, körperliche und geistige Frische, ein zäher Wille, den keine Schicksalsschläge zu brechen vermochten, schufen ihn zu einem jener großen Unternehmer, an denen sein Vaterland, England, in jener Zeit so reich war, daß es der ganzen Welt seine Söhne abzugeben vermochte, die überall, wo sie mit ihrer Arbeit einsetzten, die Industrie mächtig förderten.

1813 übertrug William Cockerill seinen beiden Söhnen, die sich mit zwei Fräulein Pastor aus Aachen inzwischen verheiratet hatten, sein Geschäft. Sogleich begann sich die Unternehmungslust des jungen Cockerill zu betätigen. In mehreren Städten des mittleren Frankreichs, in Preußen, Berlin und anderen Städten wurden Spinnereien gegründet und gewöhnlich auch gleich Maschinenfabriken, in denen die Spinnereimaschinen erbaut werden konnten, mit angeschlossen. John Cockerill leitete in Berlin die Werke; hier trat er auch damals mit der preußischen Regierung in Verbindung, um eventuell das preußische Staatshüttenwerk in Peiz in der Provinz Brandenburg zu kaufen.¹⁾

Die Verhandlungen zerschlugen sich jedoch bald, als sich ihm unter außergewöhnlich günstigen Bedingungen in Belgien neue Gebiete für seine Unternehmungslust eröffneten. 1817 von Berlin nach Belgien zurückgekehrt, erwarb er hier das Schloß zu Seraing, das früher den Lütticher Erzbischöfen als Residenz gedient hatte. Der Preis von 45 000 Frank, den er dafür zu zahlen hatte, entsprach kaum dem zehnten Teil des wirklichen Wertes. Aber das nicht allein, auch sehr bedeutende Geldmittel stellte ihm der damalige König Wilhelm I. zur Verfügung: „à titre d'encouragement et pour le perfectionnement de son industrie.“

Cockerill verstand es, das in ihn gesetzte Vertrauen zu rechtfertigen.

Größere Reisen in England hatten ihm überall gezeigt, welch treibende Kraft die Dampfmaschine für die Entwicklung der Industrie darstellt. Er räumte deshalb dem Dampfmaschinenbau in den neugegründeten großen Werken eine hervorragende Stelle ein. Mit Hilfe einer Anzahl tüchtiger englischer Konstrukteure und englischer Arbeiter, die er aus seinen Maschinenfabriken in Lüttich ergänzte, schuf er den Grundstock

¹⁾ s. Goldschmidt, Das Leben des Staatsrates Kunth, S. 388.



John Cockerill

geb. 3. Aug. 1790, gest. 19. Juni 1840

zu jener berühmten Maschinenfabrik in Seraing, deren Erzeugnisse auch heute noch überall in der Welt zu Hause sind. Die ersten Dampfmaschinen wurden für die Fabrik selbst gebaut.

Das neugegründete Königreich der Niederlande eröffnete ein neues großes Absatzgebiet, besonders im Schiffsmaschinenbau. Von 1818 bis 1823 waren aus dem Werke zu Seraing 43 ortsfeste Dampfmaschinen, vorwiegend für Spinnereien und Bergwerke bestimmt, hervorgegangen. 1824 wurden die ersten Schiffsmaschinen gebaut, eine von 30, die andere von 50 PS. 1825 konnten schon für das holländische Kriegsschiff „Atlas“ bereits Maschinen von der damals ungeheueren Leistung von 240 PS erbaut werden. Eine Leistung, die damals auch englische Konstrukteure noch für unmöglich hielten. Die größte Schiffsmaschinenleistung der englischen Schiffe war damals erst 150 PS.

Von 1824 bis 1830 wurden in Seraing 158 Dampfmaschinen erbaut. Das Absatzgebiet erweiterte sich; Gebläsemaschinen, Walzenzugmaschinen wurden notwendig. 1829 wurde das erste Dampfschiff für die Rheinschiffahrt von Köln bis Mainz erbaut. Die belgische Revolution von 1830 unterbrach zunächst diese großartige Entwicklung.

Bereits 1835 wurde der Bau von Lokomotiven von Cockerill aufgenommen; in diesem Jahr ging die erste große auf dem Kontinent erbaute Lokomotive einer Vollbahn aus den Werkstätten in Seraing hervor.

Neben dieser sich so außerordentlich entwickelnden Maschinenindustrie wuchsen andere Unternehmungen Cockerills in Seraing aus der Erde empor. 1824 wurde der erste belgische Kokshochofen in Betrieb gesetzt. Andere große Eisenhüttenanlagen folgten; Gießereien, Walzwerke, Schmiedewerkstätten entstanden, Kohlenbergwerke und Erzgruben wurden erworben. So wuchs die Gründung John Cockerills sehr schnell zu einer jener Riesenunternehmungen heran, die erst heute unserer industriellen Entwicklung ein so eigenartiges Gepräge gegeben haben.

In der großen Ausdehnung aller der vielartigen Unternehmungen, deren Fäden in den Kopf eines einzigen kühnen Unternehmers zusammenliefen, lag auch die Gefahr. Durch das fast sprichwörtliche Glück seiner Schöpfungen ermutigt, dehnte Cockerill sein Arbeitsgebiet zu schnell aus, und so fiel auch er der großen finanziellen Krise im Jahre 1838 und 1839 zum Opfer. Die großen Bahnunternehmungen hatten das Ergebnis beschleunigt. Das Geld wurde immer seltener, und trotzdem Cockerills Werke in Seraing vollkommen beschäftigt waren und es an Aufträgen nicht fehlte, war die Einstellung der Zahlung unvermeidlich geworden.

Die russische Regierung erbot sich, Cockerills Werke zu kaufen. Cockerill reiste 1840 nach Petersburg, auf der Rückreise erkrankte er und starb in Warschau am 19. Juni 1840, erst 50 Jahre alt.

Seinem Wahlspruch, „Courage to the Last“, war er treu geblieben bis zum Tode.

Auch seine Nachfolger hielten fest an diesem für jede schaffende Tätigkeit so wichtigen Grundsatz. Ihr Ausharren wurde belohnt. Die Fabriken, für die sich damals kein Käufer finden wollte, wurden von der „Société John Cockerill, Seraing“ übernommen. Anfangs hatte die Gesellschaft noch weiter mit finanziellen Schwierigkeiten zu kämpfen, aber bald half der sich weiter ausdehnende Eisenbahnbau über diese Schwierigkeiten hinweg.

In den 50er und besonders in den 60er Jahren entwickelte sich das Arbeitsgebiet der Fabriken von neuem in günstiger Weise.

Neue Schwierigkeiten blieben den Werke nicht erspart, doch bis heute haben sie immer wieder es verstanden, ihr Absatzgebiet zu erhalten und auszudehnen.¹⁾

Die Erzeugnisse der Cockerillschen Werke sind besonders auch im Dampfmaschinenbau oft als Vorbilder benutzt worden und haben so auch in dieser Richtung befruchtend auf die Entwicklung des Dampfmaschinenbaues in den verschiedensten Ländern eingewirkt. Zu einer Zeit, wo noch die meisten Maschinenfabriken mit großer Ängstlichkeit ihre vermeintlichen Geheimnisse bewachten, gewährten die Fabriken in Seraing den Ingenieuren Zutritt und veröffentlichten auch in großen Werken ihre Konstruktionen. Viele Ingenieure haben gerade in Seraing wertvolle Erfahrungen gesammelt, die sie in den späteren Stellen weiter nutzbringend verwerten konnten.

Neben den Cockerillschen Werken entstanden bald auch neue Maschinenfabriken, die dem Bedürfnis der sich günstig entwickelnden Industrie nachzukommen versuchten. Unter den belgischen Dampfmaschinenfabriken erwarb sich vor allem die Fabrik von Van der Kerchove in Gent einen großen Ruf, der weit über die Grenzen des Landes hinausreichte. Sie hat vor allem in größerem Umfange die Corliss-Maschine auf dem Kontinent eingeführt und auch selbständige bis auf unsere Zeit mustergültige Konstruktionen geschaffen.

¹⁾ Um die Entwicklung der Dampfmaschine in Seraing haben sich besonders H. Brialmont und sein Nachfolger, der jetzige Leiter des Maschinenbaues, J. Kraft, verdient gemacht.

Joh. Kraft, Ritter De la Saulx, wurde am 12. September 1832 in Fassona im nordwestlichen Böhmen geboren, er studierte in Prag und Wien, wo er zuletzt als Assistent Burgs daran dachte, dem Lehrfach sich zu widmen. Da er und sein väterlicher Freund Burg eine praktische Ausbildung für höchst wünschenswert hielten, wurde er auf Staatskosten zwei Jahre zu seiner praktischen Ausbildung ins Ausland geschickt. Engerths und Burgs Bemühungen gelang es, für Kraft eine Volontärstelle bei Cockerill zu erhalten. Hier arbeitete er ein Jahr praktisch in der Werkstatt, das zweite Jahr auf dem Ingenieurbureau; dann wurde ihm ein Lehrstuhl an der technischen Hochschule in Ofen übertragen. Aber Kraft beschloß der Industrie treu zu bleiben, er lehnte die Professur ab, zahlte der Regierung die Ausbildungskosten zurück und trat als Ingenieur in Seraing ein. Auf den verschiedensten Gebieten bewährte er hier seine konstruktive Befähigung.

Über die Ausbreitung der Dampfmaschine in Belgien geben die folgenden statistischen Angaben einigen Aufschluß.¹⁾ Fig. 32 zeigt die Leistung der ortsfesten Dampfmaschinen und Lokomobilen in Belgien, in der Zeit von 1845 bis 1901.

Wie sich die Anzahl und Leistungen der Dampfmaschine auf die einzelnen Provinzen des Landes verteilen, zeigt die folgende Zahlentafel.

Die Leistung der in Industrie und Landwirtschaft Belgiens 1845 bis 1901 benutzten Dampfmaschinen in PS in ihrer Verteilung auf die einzelnen Provinzen:

Die in Klammern stehenden Zahlen bezeichnen die Anzahl der Dampfmaschinen.

Provinzen	1845	1850	1860	1870	1875	1880	1885	1890	1900	1901
Anvers	460 (32)	633 (46)	1 567 (125)	4 020 (334)	5 692 (451)	8 430 (618)	15 541 (705)	22 750 (842)	34 771 (1173)	37 315 (1145)
Brabant	1 206 (104)	2 175 (173)	5 265 (435)	9 297 (824)	10 185 (1080)	15 751 (1287)	23 961 (1251)	34 953 (1468)	70 081 (1848)	71 650 (1907)
Flandre occidentale	382 (44)	596 (72)	1 825 (174)	4 467 (453)	6 604 (670)	7 523 (768)	9 524 (857)	13 291 (986)	30 272 (1393)	33 274 (1465)
Flandre orientale	2 589 (207)	3 190 (273)	7 351 (539)	15 040 (935)	21 744 (1086)	26 453 (1205)	34 036 (1332)	40 400 (1467)	75 628 (1863)	79 821 (1887)
Hainaut	22 258 (660)	26 393 (810)	51 377 (1765)	88 200 (3145)	110 266 (3963)	131 452 (4449)	145 374 (4865)	161 364 (5202)	257 934 (6736)	274 240 (6922)
Liège	10 037 (379)	15 346 (524)	26 635 (1037)	47 043 (1935)	58 805 (2365)	69 173 (2620)	72 835 (2714)	87 229 (3093)	137 099 (3723)	143 146 (3875)
Limbourg	53 (7)	147 (14)	248 (29)	560 (65)	940 (108)	952 (104)	1 308 (129)	1 225 (128)	4 336 (230)	4 500 (232)
Luxembourg	—	19 (3)	117 (7)	389 (46)	1 008 (67)	1 653 (91)	2 110 (96)	2 445 (108)	3 992 (173)	4 219 (193)
Namur	1 248 (68)	1 956 (98)	4 372 (235)	6 707 (394)	8 882 (532)	11 922 (617)	13 343 (603)	17 276 (685)	33 265 (807)	35 078 (823)
Gesamte Leistung in PS	38 233	50 455	98 757	175 723	224 126	273 309	318 032	380 933	647 378	683 243
Anzahl d. Maschinen	1 501	2 013	4 346	8 131	10 322	11 759	12 552	13 979	17 946	18 44
Durchschnittliche Leistg.	25,5	25,0	22,6	21,6	21,7	23,3	25,4	27,4	36,2	37,19

Die nächste Tabelle zeigt für 1896 die Verteilung der Dampfkraft auf die einzelnen Hauptindustriezweige. Steinkohlen-Bergwerke und Eisenindustrie stehen allen anderen voran.

¹⁾ s. Annuaire statistique de la Belgique 33. Jahrg. 1902, Brüssel 1903.

Fig. 32. Die Dampfmaschinen (einschl. Lokomobilen) in Industrie und Landwirtschaft Belgiens von 1845 bis 1901.

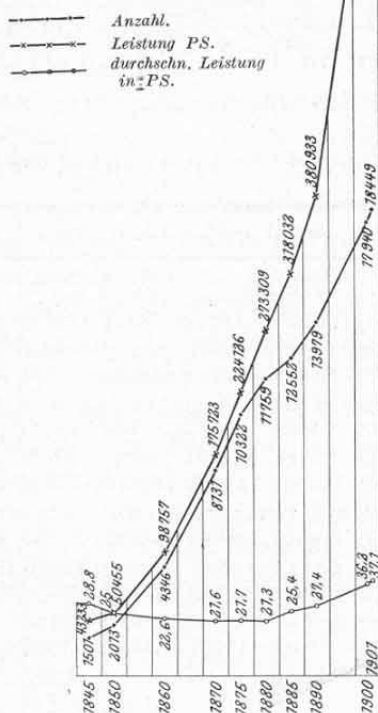
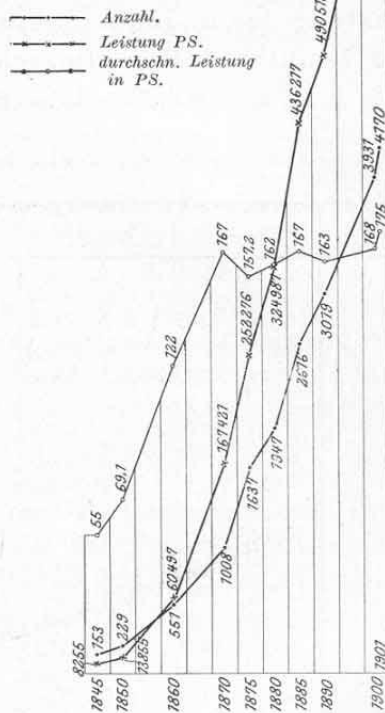


Fig. 33. Die Lokomotiven in Belgien von 1845 bis 1901.



Die in einzelnen Gewerbegruppen Belgiens 1896 verwandten Kraftmaschinen und deren Leistung in PS:

Gewerbegruppen	Anzahl der Kraftmaschinen	Leistung in PS.
Keramische Industrie	153	2 370
Baumwollenindustrie	155	9 863
Leinenindustrie	217	8 459
Stein-, Marmor-, Schieferbrüche	321	4 695
Wollenindustrie	405	13 140
Zuckerfabrikation	848	10 983
Eisenindustrie	883	24 651
Steinkohlenbergwerke	1828	87 439
Zusammen	4810	161 600

Daß auch hier die Dampfmaschinenleistung alle anderen weit übertrifft, lassen die folgenden Zahlen deutlich erkennen.

Die verschiedenen 1896 in Belgien zur Verwendung gelangten Arten von Kraftmaschinen und deren Leistung in PS:

Art der Kraftmaschinen	Anzahl der Kraftmaschinen	Leistung in PS
Dampfmaschinen	8433	209 346
Wasserkraftmaschinen	2436	19 557
Windkraftmaschinen	2158	13 276
Verschiedene andere Kraftmaschinen	86	256
Zusammen	13 113	242 435

Es bleibt noch übrig, kurz auf die Tätigkeit der Lokomotiven in Belgien einzugehen. Die großen Vorteile der Lokomotiveisenbahn für den allgemeinen öffentlichen Verkehr machte sich Belgien auf dem Kontinent zuerst zunutze. Hier wurde am 5. Mai 1835 als erste öffentliche Bahn des Festlandes die Teilstrecke Brüssel-Mecheln eröffnet. Der Bau der Eisenbahnen ging so rasch vonstatten, daß 1840 schon 323 km betriebsfertig waren.

25 Jahre nach Eröffnung der ersten Bahn wurden 1714 km eiserne Schienenwege von Lokomotiven befahren. 1890 hatte Belgien 5263 km Eisenbahnen und 1903 6819 km.

Belgien steht, was die Dichte des Netzes anbelangt, allen anderen europäischen Staaten weit voran. Es kommen 23,1 km auf 100 qkm, während in England 11,5, in Deutschland 10,1 auf 100 qkm kommen; in Deutschland steht wieder Sachsen mit 19,8 an der Spitze.

Die Zunahme der Lokomotiven auf den belgischen Eisenbahnen zeigt Fig. 33.

8. Die Niederlande.

Hier nimmt der Handel die erste Stelle ein. Industrie und Gewerbe haben bei weitem nicht die Bedeutung, die sie in dem benachbarten Belgien einnehmen. In die Entwicklung der Dampfmaschine aber haben auch holländische Ingenieure, allen voran Gerhard Moritz Roentgen,¹⁾ eingegriffen.

¹⁾ Roentgen war am 7. Mai 1795 als vierter Sohn des Oberpredigers und Konsistorialrats Ludwig Roentgen zu Esens in Ostfriesland geboren. Mitten in der unermüdlichen Berufsarbeit ereilte Roentgen ein tragisches Geschick. Die ruhelose Arbeit, die er oft bis in die Nacht hinein fortsetzte, zog ihm eine Geisteskrankheit zu, die sich 1847 zuerst bemerkbar machte und ihn 1849 zwang, Unterkunft in einer Irrenanstalt zu suchen, wo er am 28. Oktober 1852 starb.

s. E. Brückmann, Gerhard Moritz Roentgen, Z. d. V. d. Ing. 1892 und 1893.

Roentgen hatte schon als Offizier der holländischen Kriegsmarine mehrfach Gelegenheit gehabt, seine technische Begabung zu zeigen.

Schon 1824 hatte er dem Marineminister vorgeschlagen, Schiffe ganz aus Eisen zu bauen. Die Kommission aber, die seine Vorschläge zu beurteilen hatte, fand diesen Gedanken Roentgens so unerhört, so phantastisch, daß sie es nicht einmal für nötig hielt, durch Versuche die Unmöglichkeit der Ausführung nachzuweisen. 1824 trat Roentgen aus dem Staatsdienste aus und widmete von da an seine unermüdliche Arbeitskraft der Privatindustrie. Er übernahm die Leitung der unter dem Namen „Nederlandsche Stoomboot-Maatschappij“ gegründeten Dampfschiffahrtsgesellschaft. Die Gesellschaft war anfangs nur als Reederei gedacht, bald aber zeigte sich, daß zum mindesten eine Reparaturwerkstatt nicht zu entbehren sei, und nicht lange darauf entschloß man sich auch, Schiffe und Maschinen selbst zu bauen. 1826 wurde auf der Insel Fijenoord gegenüber Rotterdam eine Schiffswerft und Maschinenfabrik gebaut, und hier entstanden in den Jahren 1828 und 1829 unter Roentgens Angaben und Leitung die ersten Verbundmaschinen mit Zwischenkammern, eine Maschinenanordnung die in ihrem allgemeinsten Fall 1834 Roentgen auch in Frankreich und England patentiert wurde.

Roentgens Ansehen stieg mit dem Ruf, den die Gesellschaft sich unter seiner Leitung erwarb. Sein Rat war überall begehrt. Als technischer Beirat stand er auch deutschen Gesellschaften, wie der Kölnischen Dampfschiffahrtsgesellschaft und der Gutehoffnungshütte in Sterkrade, helfend zur Seite.

Die Erzeugnisse der Schiffswerft und Maschinenfabrik zu Fijenoord wurden immer beehrter. 1837 gingen zwei Dampfer auf die Donau, um eine Schiffsverbindung zwischen Linz und Regensburg zu erreichen. 1840 erhielt die Elbdampfschiffahrts-Gesellschaft drei Dampfer, und ebenfalls drei Dampfer wurden 1847 für die Wolga abgeliefert, von denen die Maschinen des einen Schiffes noch heute sich in gutem Zustande befinden, ohne daß in den 59 Jahren größere Ausbesserungen nötig gewesen wären. 1840 wurde auch das erste Seedampfschiff für die niederländisch-indische Marine gebaut; auch Kriegsschiffe für die französische und russische Marine sind von Roentgen, dem früheren Seeoffizier, erbaut worden.

Unter den holländischen Maschinenfabriken, die heute an erster Stelle stehen, sind für Schiffsmaschinen vor allem die „Schelde“ in Vlissingen zu nennen, die 1875 begründet, heute besonders die großen Kriegs- und Handelsschiffe mit Dampfmaschinen ausrüstet. In den letzten 5 Jahren, 1901 bis 1905 wurden Schiffsmaschinen mit 55 600 PS Gesamtleistung erbaut. Auch Dampfbagger sind aus dieser Fabrik hervorgegangen.

Für Flußschiffe und ihre Maschinen ist besonders bekannt geworden die Maschinenfabrik „Kinderdijk“, vormals Diepeveen Lels & Smit, die, 1856 gegründet, zumal für die Rheinschiffahrt viel geleistet hat.

In Amsterdam entstand 1891, als Aktiengesellschaft die Nederlandsche Fabrik van Werktuigen en Spoorwegmateriel, die als Nachfolgerin der Koninklyke Fabrik van Stoom en andere Werktuigen ortsfeste Dampfmaschinen, Schiffsmaschinen und Lokomotiven, vor allem auch für die holländischen Kolonien baut. Die Fabrik beschäftigt 1800 Arbeiter und 200 Beamte.

Auf dem Gebiet der ortsfesten Dampfmaschinen leisten hervorragendes auch, Gebr. Stork & Co. in Hengelo, aus deren Werkstätten moderne Betriebsmaschinen bis zu 2000 PS hervorgehen.

Die ersten Eisenbahnen in Holland wurden auch bereits anfangs der 30er Jahre geplant. König Wilhelm I. war ein eifriger Freund des neuen Verkehrsmittels und suchte die Anlagen von Eisenbahnen nach Möglichkeit zu fördern. Aber die finanziellen Schwierigkeiten, Uneinigkeiten unter den Hauptunternehmern und verzögerten den Bau noch sehr. Erst am 18. Dezember 1843 konnte die Strecke Amsterdam bis Utrecht eröffnet werden. 1890 besaßen die Niederlande einschließlich Luxemburg 3060, 1903 3372 km Eisenbahnen.

In großem Maße hat auch der holländische Handel sich die Dampfschiffahrt zunutze gemacht und so der Schiffsdampfmaschine auch seinerseits ein großes Absatzgebiet geschaffen.

9. Italien.

Italien hat gleich Deutschland lange unter der großen politischen Zerrissenheit leiden müssen. Die größere Zahl kleiner Staaten, die sich oft noch befeindeten, ließ eine bedeutende Industrie nicht aufkommen. Dem Handel und Verkehr waren überall künstliche Schranken gezogen, die erst mit der Einigung des ganzen Landes wegfielen. Erst seit den 60er Jahren beginnt sich eine bedeutendere Industrie zu entwickeln.

Die Dampfmaschinen lieferte zunächst das Ausland, vor allem die großen Schweizer Firmen fanden hier ein ausgiebiges Absatzgebiet. Dann begann auch der einheimische Dampfmaschinenbau immer selbständiger zu werden. Hervorragende Leistungen zeitigte Franco Tosi in Legnano, der die heute bedeutendste Dampfmaschinenfabrik Italiens gründete.

Am 21. April 1850 in Mailand geboren, erwarb sich Tosi in der Schweiz und Deutschland hervorragende Kenntnisse, die, verbunden mit zäher Energie und großer konstruktiver Begabung, ihn bald befähigten, eigene Wege im Dampfmaschinenbau einzuschlagen.

1876 trat er als technischer Leiter in die kurz vorher errichtete Maschinenfabrik von Cantoni, Krumm & Co. zu Legnano ein, die 1894 ganz in seinen Besitz übergang. Die Zahl der Arbeiter stieg unter seiner Leitung von 50 auf 1200. Tosi fiel am 25. November 1898 einem Meuchelmord zum Opfer. Eine große Zahl interessanter, höchst beachtens-

werter Maschinenkonstruktionen sind aus seiner schnell emporgeblühten Maschinenfabrik hervorgegangen. Als Betriebsmaschinen elektrischer Zentralen haben sich Tosi-Maschinen in- und außerhalb Italiens vielfach eingeführt.¹⁾

In Genua sind im Schiffsmaschinenbau sehr bedeutend die Werke von Ansaldo Armstrong & Co., aus denen auch Lokomotiven aller Größen hervorgehen.

Die erste Lokomotive kam 1839 nach Italien. Am 4. Oktober dieses Jahres wurde die 8 km lange Strecke Neapel—Portici als erste Eisenbahn des heutigen Königreichs Italien in Betrieb genommen. Die Kleinstaaterei verhinderte zunächst den Ausbau eines einheitlichen großen Eisenbahnnetzes. Die kurzen Bahnen der einzelnen Staaten blieben Stückwerk.

1859 gab es 1829 km Eisenbahnen in Italien, 1890 bereits 12907 km und 1903 16039 km. Die Anzahl der Lokomotiven belief sich 1902 auf 3258.

10. Spanien.

Alte englische Geschichtswerke wissen zu berichten, daß bereits 1726 für Toledo eine Newcomen-Maschine in England gebaut worden sei. Sie wird wohl lange die einzige Dampfmaschine Spaniens geblieben sein. Auch heute noch gehört Spanien zu den industriearmen Ländern Europas. In dem Wort des Cervantes: „Wer sein Glück machen will, der suche die Kirche, das Meer oder des Königs Haus“, das wohl auch heute noch für Spanien gilt, kommen Industrie und Gewerbe nicht vor. Von Dampfmaschinen und Dampfmaschinenbau Spaniens läßt sich deshalb wenig berichten.

Eisenbahnen mit Lokomotivbetrieb wurden schon 1830 „geplant“, aber erst 18 Jahre später, am 28. Oktober 1848 wurde als erste Eisenbahn der pyrenäischen Halbinsel die Linie Barcelona—Mataro eröffnet. 1850 hatte Spanien 231 km Eisenbahnen, 1870 7371 km, 1890 9878 km, 1903 13851 km.

11. Die Türkei und Griechenland.

Auch die Staaten der Balkanhalbinsel haben ebenso wie Spanien zur Entwicklung der Dampfmaschine nichts beigetragen. Von Industrie und Gewerbe ist noch nicht viel zu berichten. Die größte Bedeutung hat die Dampfmaschine auch hier als Lokomotive erlangt. Die erste in der europäischen Türkei eröffnete Eisenbahn ist die heute zu Rumänien gehörende Strecke Constanța—Czernavoda; sie wurde von einer englischen Gesellschaft erbaut und am 4. Oktober 1860 eröffnet. Die Haupteisenbahnlinie mit ihrem Anschluß an das zentral-europäische Eisenbahnnetz wurde erst in den 70er Jahren in Angriff genommen. 1890 hatten die europäische Türkei, Bulgarien und Rumelien zusammen 1765 km, 1903

¹⁾ s. Z. d. V. d. Ing. 1899, S. 54, und Mitteilungen der Firma.

3142 km Eisenbahnen, auf 100 qkm kommen 1,1 km; innerhalb Europas ist nur in Rußland und Norwegen das Eisenbahnnetz noch weitmaschiger, in diesen Ländern kommen 0,9 und 0,7 km auf 100 qkm.

Griechenland hat von allen europäischen Staaten zuletzt die Lokomotive in das Land gelassen. Türkische Herrschaft und die dauernden politischen Unruhen haben die wirtschaftliche Entwicklung des Landes sehr zurückgehalten. Der Schiffsverkehr befriedigte bei der hierfür besonders günstigen geographischen Gestalt des Landes zunächst vollkommen das Verkehrsbedürfnis. Wieder war es englisches Kapital, das die erste Eisenbahn baute. Es war dies die 10 km lange Strecke von Athen nach Piräus, die 1869 eröffnet wurde. Die eigentliche Entwicklung des Eisenbahnwesens beginnt erst in den 80er Jahren. 1890 hatte Griechenland 767 km, 1903 1035 km Eisenbahnen.

12. Die nordischen Reiche.

Schweden — Norwegen — Dänemark.

Die erste Dampfmaschine Schwedens erbaute der große schwedische Hüttenmann Martin Triewald in England und brachte sie 1727 nach Schweden, wo er sie auf einer Kohlengrube in Betrieb gesetzt haben soll.¹⁾

Die eigentliche Wirksamkeit der Dampfmaschine beginnt hier auch erst mit Schiffsmaschine und Lokomotive. In Schweden wurde erst 1856 die erste Eisenbahn eröffnet, dann aber setzte eine rasche Entwicklung ein. Schon in den 70er Jahren stand Schweden, die Länge des Eisenbahnnetzes auf die Einwohnerzahl des Landes bezogen, obenan, und die Stelle hat es bis heute, wie Fig. 20, S. 98 zeigte, behauptet. 1890 hatte Schweden 8018 km, 1903 12388 km Eisenbahnen.

Norwegen begann um die gleiche Zeit wie Schweden mit dem Eisenbahnbau. Am 1. September 1854 konnte hier die Linie Christiania—Eidsvold als erste Eisenbahn Norwegens eröffnet werden. 1862 gab es 270 km, 1890 bereits 1562 km, 1903 2344 km Eisenbahnen. In neuester Zeit hat in Norwegen sogar die Lokomotive den Polarkreis überschritten. Die nördlichste Bahn der Welt dient besonders dazu, reiche Erzlager aufzuschließen.

Die erste Eisenbahn Dänemarks entstand in der heutigen preußischen Provinz Schleswig-Holstein. Es war die am 18. Sept. 1844 eröffnete Bahn Kiel—Altona. Die erste Bahn des heutigen Dänemarks war die am 27. Juni 1847 eröffnete Strecke Kopenhagen—Roskilde. 1903 hatte Dänemark 3159 km Eisenbahnen.

Die folgenden Tabellen²⁾ enthalten einige dürftige Zahlenangaben über

¹⁾ s. Abridg. of spec. Steam engine I., S. 44.

²⁾ Die Zahlen sind entnommen den Zusammenstellungen in Bd. 119 der deutschen Reichsstatistik.

den Umfang, in dem die einzelnen Betriebskräfte in der Industrie verwendet werden. Die Angaben über Dänemark sind am vollständigsten, sie lassen erkennen, wie sehr auch hier die Leistung der Dampfkraft alle andern Betriebskräfte übertrifft.

Die Anzahl der in Schweden (1897) in der Industrie verwandten Kraftmaschinen:

Art der Kraftmaschinen	Anzahl
Windräder	126
Tiergöpel	448
Gas-, Petroleum- und andere Motoren	475
Elektromotoren	1175
Dampfmaschinen	3632
Wasserräder oder Turbinen	5224

Die verschiedenen in Norwegen (1895) in der Industrie benutzten Triebkräfte:

Art der Triebkraft	Anzahl der Betriebe, die sie benutzen
Wasserkraft	650
Dampfkraft	649
Wasser und Dampf	60
Gas	50
Andere Triebkräfte	32

Die in den einzelnen Gewerbegruppen Dänemarks (1897) vorhandenen Kraftmaschinenbetriebe und deren Leistung in PS:

Gewerbegruppen	Anzahl der Kraftmaschinenbetriebe	Leistung in PS ¹⁾
Papierindustrie	82	1 689,6
Lederindustrie	227	310,0
Verschiedene technische und chemische Industrien	666	4 594,8
Literarische und künstlerische Gewerbe	1 248	666,8
Bearbeitung von Stein, Glas und Tonwaren	1 757	5 833,3
Textilindustrie	4 358	4 962,0
Holzwarenindustrie	4 896	3 721,6
Metallbearbeitung, Herstellung von Maschinen und Instrumenten	9 383	4 664,8
Herstellung von Lebensmitteln u. anderen Verzehrungsgegenständen	11 301	19 151,3
Baugewerbe und Möbelindustrie, Ausführung von Erdarbeiten . .	19 781	3 293,5
Bekleidungs- und Reinigungsgewerbe	23 557	302,9
Zusammen	77 256	49 190,2

¹⁾ Ohne die PS der Wind-, Wasser- und Reserveanlagen.

Die in den Betrieben benutzte Triebkraft und deren Leistung in PS:

Triebkraft	Zahl der Fälle, wo benutzt	Leistung in PS
Heißluft	4	4,5
Elektrizität	71	317,2
Petroleum oder Benzin	191	879,0
Gas	720	3 619,4
Wasser	871	—
Wind	2723	—
Dampf	3087	47 392,0
Zusammen	7667	52 212,1

13. Rußland.

Einführung der Dampfmaschine unter Peter d. Großen. — Pölsunows Dampf-Gebläsemaschine in Sibirien. — Die erste atmosphärische Maschine in Petersburg. — Die Entstehung des russischen Dampfmaschinenbaues durch englische Ingenieure. — Weitere Entwicklung der russischen Industrie. — Die Dampfschiffahrt auf russischen Flüssen. — Die russischen Eisenbahnen.

Rußland verdankt seine erste Feuermaschine dem Zaren Peter dem Großen, der seine Hauptaufgabe darin sah, Rußland Europa näher zu bringen. 1717 wurde eine, von Desaguliers wesentlich verbesserte Savery-Maschine nach Petersburg gesandt, um in dem kaiserlichen Garten die Wasserkünste zu speisen.

Die zweite Dampfmaschine des russischen Reiches entstand in Sibirien. Hatte die erste Dampfmaschine nur Luxuszwecken gedient, so wurde die zweite bereits im gewerblichen Betriebe, und zwar im Hüttenwesen, verwendet. Es ist überraschend, zu sehen, wie zu so früher Zeit schon die Kunde der englischen Feuermaschine bis in jene fernen Gegenden Rußlands gelangte und dort einen einfachen Schichtmeister, Joh. J. Pölsunow, zur selbständigen Konstruktion einer eigenartigen, von den englischen Vorbildern wesentlich abweichenden Feuermaschine anregte.

Im April 1763 setzte Pölsunow seinen Vorgesetzten an Hand von Zeichnungen und Kostenanschlägen die großen Vorteile auseinander, die im Hüttenwesen sich erreichen lassen würden, wenn man statt der Wasserkraft eine Dampfmaschine zum Antrieb der Gebläse verwende. Das Bergamt prüfte die Vorschläge und riet, die Maschine sofort auszuführen. Katharina II., der man die bedeutsame Erfindung ihres sibirischen Untertans mitgeteilt hatte, ernannte Pölsunow zum „Obermechaniker“ mit dem Range eines Ingenieurkapitäns, schenkte ihm 400 Rubel und, das war das wesentlichste, ließ sofort die Geldmittel zum Bau der Maschine anweisen. Sie ging noch weiter und sprach den Wunsch aus, Pölsunow solle, wenn er irgend abkömmlich sei, nach Petersburg kommen,

um einige Jahre an der kaiserlichen Akademie die mechanische Wissenschaft zu studieren. So bedeutsam erschien es schon damals der russischen Regierung, die Entwicklung der Dampfmaschine zu fördern und die Fabrikation im eigenen Lande vorzunehmen. Die Vorgesetzten aber hielten Pölsunow nicht für abkömmlich, und so blieb der Schichtmeister in Sibirien. 1765 war die Maschine fertig. Im Frühjahr 1766 begann man die Maschine in einem Hüttenwerke Barnauls, einer Kreisstadt im Bezirk Tomsk am Ob, aufzustellen, und am 20. Mai 1766 konnte sie in Betrieb gesetzt werden. Dem bedeutungsvollen Ereignis wohnten die Behörden und viele Zuschauer bei. Nur Pölsunow fehlte; ein heftiger Blutsturz hatte vier Tage vorher seinem Leben ein Ziel gesetzt.

Die Maschine bewährte sich, abgesehen von einigen Mängeln, die sich leicht abstellen ließen, von Anfang an, und gleich am ersten Tage blieb sie von früh bis abends ununterbrochen im Betrieb.

In Petersburg aber scheint man Pölsunow mitsamt seiner Dampfmaschine schnell vergessen zu haben. Schon einige Jahre später versuchte man aus England, eine Feuermaschine zu erhalten. Die Veranlassung hierzu war ein Schreiben, das Katharina II. 1773 an die Admiralität erließ, worin sie anfragte, ob die Behörde die in England erfundene Maschine kenne, „welche vermittelt Feuer aus Docks und Kanälen Wasser weit besser als andere Maschinen pumpe, und daß diese Feuermaschine, welche 15000 Rubel koste, nur 180 Faden Holz im Verlaufe eines Jahres verbrauche.“

Damals befand sich bei der russischen obersten Marinebehörde der englische Admiral Knowls, und als dessen Sekretär John Robison, der Freund Watts. Durch diese beiden Männer trat die russische Marinebehörde mit Charles Gascoigne, dem Direktor der berühmten Eisenwerke zu Carron in Schottland, in Verbindung. Man bestellte hier schließlich eine von Smeaton konstruierte atmosphärische Maschine, um aus den 1718 bis 1752 erbauten Docks das Wasser zu pumpen. Bisher hatte man mit Windmühlen und Pferden so langsam gearbeitet, daß man das Dock, das Raum für 10 Schiffe bot, nur einmal jeden Sommer benutzen konnte.

Die Feuermaschine, die hier Abhilfe schaffen sollte, hatte 1676 mm Durchmesser und 2,6 m Hub. Im September 1774 kam sie in Kronstadt an, und am 19. Juni 1777 konnte sie in Betrieb gesetzt werden. Sie wurde nicht mit Holz, sondern mit englischer Steinkohle betrieben, von denen das Pud 9 Kupfer-Kopeken kostete.²⁾ Die Maschine übertraf sogar noch die Erwartungen, die man auf sie gesetzt hatte.

Die russische Regierung aber begnügte sich nicht damit, englische Dampfmaschinen einzuführen, sie wollte auch den Dampfmaschinenbau in ihrem Reiche heimisch machen.

¹⁾ s. „Prometheus“ 1892, Dr. N. v. Klobukow, Zur Geschichte der Dampfmaschine.

²⁾ s. Hamel, Rückblick, Allgem. Bauzeitg., Wien 1866, S. 106.

Schon durch Robison hatte sie 1775 versucht, James Watt für Rußland zu gewinnen; ein Jahresgehalt von 20000 M. wurde ihm angeboten. Wenn dies auch wesentlich mehr war, als Watt damals in England verdiente, so bewog ihn doch seine angegriffene Gesundheit und auch seine große Scheu vor neuen, ihm ganz unbekanntem Verhältnissen, den Ruf nach Petersburg abzulehnen. 1777 gelang es dann, mit der Feuermaschine auch zehn englische Maschinenbauer anzuwerben, die die Aufstellung der Maschine, den Betrieb und später auch den Neubau anderer Maschinen übernehmen sollten; sie kamen zugleich mit der Feuermaschine in Petersburg an, ihnen folgte einige Jahre später auch der Direktor der Carronwerke, Gascoigne. Er kam 1786 in Kronstadt an und gründete mit einem Stamm schottischer Arbeiter die erste russische Dampfmaschinenfabrik in Petersburg (1786 bis 1790), deren Leitung später Charles Baird übernahm, einer der zehn Maschinenbauer, die seinerzeit mit Gascoigne von Carron nach Petersburg gekommen waren. Baird starb 1843 in Petersburg.

Auch in wissenschaftlicher Beziehung hat sich Rußland schon früh um die Dampfmaschine gekümmert. Die kaiserliche Akademie der Wissenschaft setzte bereits 1780 einen Preis für die beste Abhandlung über die „Theorie der Dampfmaschine“ aus. Das Preisausschreiben war mit der großen Bedeutung, zu der die Dampfmaschine jedenfalls berufen sei, begründet.¹⁾

Aber noch über ein halbes Jahrhundert verging, ehe die Dampfmaschine einen bedeutsameren Einfluß auf das gewerbliche Leben Rußlands gewann. Von seiten der Regierung suchte man die Entwicklung der Industrie zeitweise durch hohe Zölle und zeitweise durch möglichs-te Erleichterung fremder Einfuhr zu heben. Schon 1820 wurde auf kaiserlichen Befehl ein hoher Zoll fremden Erzeugnissen auferlegt. Eine merkbare Erweiterung der einheimischen Industrieanlagen war die Folge. Moskau wurde jetzt Hauptsitz der russischen Industrie, die ihrem Umfange nach aber noch sehr bescheiden war. Man zählte 1842 in Moskau etwa 560 Fabrikanten, die etwa 40000 Arbeiter beschäftigten und ihre Fabrikanlagen durch 26 Dampfmaschinen, 89 Pferdebetriebe und 15 Wasserbetriebe betätigen ließen. Im ganzen Bezirk Moskau zählte man damals etwa 37 Dampfmaschinen.

Mit dieser langsamen Entwicklung der Gesamtindustrie wuchs natürlich entsprechend langsam der Maschinenbau. Hier machte sich erst in den 60er und 70er Jahren ein schnellerer Fortschritt bemerkbar. Bis 1870 wurde ein Einfuhrzoll für Maschinen nach Rußland nicht erhoben. Die Maschinenindustrie Rußlands konnte deshalb, besonders da auch die Eisenerzeugnisse sehr teuer waren, mit dem Auslande nicht in Wettbewerb treten.

¹⁾ s. Hamel, Rückblick, S. 107. Den Preis gewann 1783 der österreichische Feldmarschall-Leutnant Sebastian Maillard.

²⁾ s. Ungewitter, Geschichte des Handels, Leipzig, S. 637.

Ingenieure und geschickte Arbeiter fehlten noch fast ganz. Die Maschinenfabriken, soweit sie bestanden, wurden von Ausländern geleitet, die natürlich ihr Heimatland in jeder Weise zu unterstützen suchten.

Sehr wesentlich wurde 1866 die Entwicklung durch einen Regierungsbefehl unterstützt, demzufolge alles, was für russische Eisenbahnen gebraucht wurde, auch in Rußland, ohne Rücksicht auf die höheren Kosten, hergestellt werden mußte. 1869 wurde auch zum ersten Male ein Einfuhrzoll auf ausländische Maschinen gelegt, der, zuerst niedrig, stetig erhöht wurde.

Auch dem technischen Unterrichtswesen schenkte man von da an erhöhte Aufmerksamkeit.

1856 gab es erst 29 Maschinenfabriken mit 3000 Arbeitern, die für etwa 2 Mill. Rubel Erzeugnisse absetzten, 1897 schufen bereits 682 Maschinenfabriken mit über 120000 Arbeitern einen Produktionswert von 142 Mill. Rubel. Die wichtigsten Maschinenfabriken liegen natürlich in den Hauptindustriezentren in Moskau, Petersburg, Lodz. Die kleineren Fabriken, d. h. bei weitem die Mehrzahl, sind über das ganze Land verstreut. Bei den großen Entfernungen sind auch größere Betriebe des Eisenhüttenwesens oder der Textilindustrie, die vom Hauptverkehr etwas entfernt liegen, genötigt, große Reparaturwerkstätten, die als vollständige Maschinenfabriken aufgefaßt werden können, anzulegen. Solche Fabriken beschäftigen oft Hunderte von Arbeitern, nehmen auch Aufträge für neue Maschinen entgegen. Sie betreiben also die Maschinenfabrikation gleichsam als Nebenbetrieb, und es hängt nur von der Nachfrage ab, diese Reparaturwerkstätten zu großen Maschinenfabriken zu erweitern.

Anfangs waren die russischen Maschinenfabriken sehr schlecht eingerichtet; Werkzeugen und Werkzeugmaschinen wurde nicht viel Wert beigelegt. Die billigen Löhne ließen immer wieder zur Handarbeit greifen und hinderten geradezu das Fortschreiten zur Maschinenarbeit mit ihrer größeren Leistungsfähigkeit und größeren Genauigkeit. Hier ist seit Ende der 80er Jahre ein großer Aufschwung zu verzeichnen. Seit dieser Zeit werden Werkzeugmaschinen aus England, Deutschland und neuerdings auch aus Amerika in großem Umfange eingeführt. Die großen Staatswerkstätten für Marine und Kriegswesen gehen mit gutem Beispiel voran.

1896 waren auf der Ausstellung in Nishnij Nowgorod 30 Dampfmaschinenfabriken bereits vertreten, die Dampfmaschinen bis zu Größen von etwa 600 PS bauten. Darüber hinaus werden auch heute noch fast alle Dampfmaschinen vom Auslande bezogen. Zwei Walzenzugumkehrmaschinen von 2500 und 3000 PS sind wahrscheinlich die größten bisher in Rußland erbauten Dampfmaschinen.

Die Konstruktion der russischen Dampfmaschine ist natürlich vom Auslande beeinflußt. Corliss und Sulzer haben auch hier wohl die meisten Vorbilder abgegeben. Die hauptsächlichsten Dampfmaschinenfabriken finden sich in Petersburg und Moskau und eine bedeutende auch in Riga. In etwa 100 Fabriken werden heute auch Dampfessel gebaut. 28 hiervon

beschäftigen sich ausschließlich mit Kesselbau. Kleinere Kessel werden auch hier noch gleichsam im hausindustriellen Betriebe durch Schlosser und Schmiede hergestellt.

1884 wurden von zwölf russischen Kesselfabriken in Rußland, zusammen für Betriebsmaschinen, Schiffsmaschinen und Lokomotiven, 388 Kessel mit im ganzen 25470 qm Heizfläche geliefert. Zahlen, die zehn Jahre später — 1894 — auf 939 und 37987 gestiegen waren.

Neben den ortsfesten Maschinen hatte für Rußland mit seinem riesigen landwirtschaftlichen Betriebe vor allem auch die Lokomobile große Bedeutung. In Rußland wurden zunächst noch verhältnismäßig wenige angefertigt. Fast alle werden heute noch aus England und Deutschland eingeführt. 1898 wurden allein 360 Lokomobilen nach Rußland verkauft. Die ersten Lokomobilen in Rußland wurden in den 50er Jahren in der Ogarewschen Maschinenfabrik zu Petersburg gebaut. Die meisten Lokomobilen in Rußland baut heute eine Maschinenfabrik in Ludinowo im Gouvernement Kaluga.

Bei den ungeheuren Entfernungen des großen russischen Reiches mußte die Dampfkraft auf dem Gebiete des Verkehrs die größte Bedeutung erlangen.

Das erste Dampfschiff soll schon 1813 in der Fabrik von Baird in Petersburg erbaut worden sein. Auf den Fluß Kama kamen die ersten Dampfer 1817, auf die Oka 1826, auf das Schwarze Meer 1823, auf den Dnjestr 1840 und auf die Flüsse Djesna und Dnjepr 1846. 1843 wurde eine Gesellschaft für Dampfschiffahrt auf der Wolga gegründet. Bis 1850 waren in Rußland 22 Flußdampfer im Gebrauch. 1885 standen bereits 1369 Dampfer im Verkehr. Von den hierfür nötigen Dampfmaschinen waren 754, von den Kesseln 848 in Rußland gebaut, 615 Dampfmaschinen und 521 Kessel waren vom Auslande bezogen. Von 1885 bis 1890 sind noch 578 Dampfer hinzugekommen, von denen die Hälfte im Ausland erbaut war. 1895 waren 2539 Dampfer mit rund 130000 PS im Betrieb. In der Zeit von 1884 bis 1895 hat sich die Dampferflotte fast verdoppelt. Von diesen 2539 Dampfern, die 1895 auf den Flüssen des europäischen Rußlands fuhren, kamen auf die Wolga allein über die Hälfte, 1392 mit 86775 PS, auf die Newa mit ihren Seen und Kanälen 362 mit 11830 PS, auf den Dnjepr 286 mit 13110 PS, auf den Don 167 mit 8700 PS. Die größten Maschineneinheiten befinden sich auf der Wolga, die durchschnittliche Leistung beträgt 62 PS. Die Schiffe auf dem Don haben durchschnittlich 52 PS zur Verfügung, sonst allgemein nicht über 30 PS. Von allen Dampfern sind 1600, etwa 55 v. H. Schleppdampfer. Dem Personen- und Güterverkehr dienen 604 Dampfer.

Auf den Flüssen des asiatischen Rußland gab es 1895 275 Dampfer mit 18161 PS; die meisten, etwa 83 v. H. sämtlicher Dampfschiffe kommen auf die Flußgebiete des Ob und des Amur.¹⁾

¹⁾ s. Kovalevsky, *La Russie à la fin du 19^e Siècle*. Paris 1900.

Noch viel größere Bedeutung haben die Eisenbahnen auf die Entwicklung Rußlands, dessen Flüsse vielfach für einen großen Teil des Jahres nicht verkehrsfrei sind, ausgeübt.

Die ersten Eisenbahnen entstanden in Rußland fast zur gleichen Zeit wie in Österreich und Deutschland. Die Anregung hierzu gab der österreichische Ingenieur F. A. Gerstner, der sich auch um die ersten Eisenbahnen Österreichs großes Verdienst erworben hatte. Schon 1835 legte er Nikolaus I. den allgemeinen Plan für ein russisches Eisenbahnnetz vor, nach dem zuerst die Linie Petersburg-Moskau-Nishnij-Nowgorod und die Linie Moskau-Odessa gebaut werden sollte.

Es wurden daraufhin die Vorschläge geprüft und Untersuchungen über den Nutzen der Eisenbahnen angestellt. Die Befürchtungen, die in anderen Ländern gegen die Eisenbahn laut geworden waren, fehlten auch hier natürlich nicht; gab man schließlich zu, daß für andere Länder Eisenbahnen vorteilhaft seien, so bezweifelte man doch sehr, daß in Rußland das Klima, der harte Winter mit seinen großen Schneemassen einen regelmäßigen Betrieb der Eisenbahn zulassen werde.

Es war daher wesentlich, diese Bedenken zunächst durch eine kurze Eisenbahnlinie zu entkräften. Gerstner begnügte sich daher zuerst damit, eine Eisenbahn von Petersburg nach dem kaiserlichen Lustschloß Zarskoje Selo mit Fortsetzung nach Pawlowsk zu bauen. Hierfür erhielt schon am 21. Dezember 1835 er die Genehmigung. Eine Gesellschaft mit einem Kapital von 3 Mill. Rubel wurde gebildet, und am 30. Oktober 1837 konnte diese erste Eisenbahn Rußlands eröffnet werden. Zuerst wurde die Bahn mit Lokomotiven und Pferden abwechselnd betrieben. Seit 1. April 1838 aber überließ man den Lokomotiven allein das Feld.

Es wurde dann der Bau einer Eisenbahn von Warschau nach Wien beschlossen; die erste Strecke wurde 1845 eröffnet. Auch hier hatte man im Entwurf noch Pferdebetrieb vorgesehen. Zu gleicher Zeit ging man daran, auf Staatskosten, Petersburg und Moskau zu verbinden. Die ersten Teilstrecken wurden 1847, die ganze Linie 1850/51 eröffnet. Der Bau hatte, trotzdem die Grunderwerbskosten sehr niedrig, auch nennenswerte Bodenschwierigkeiten nicht zu überwinden waren, ganz enorme Geldmittel beansprucht.

Einen neuen Aufschwung nahm das russische Eisenbahnwesen erst seit dem Krimkriege, dessen unglücklichen Ausgang man nicht mit Unrecht dem Mangel an Eisenbahnen im Süden zugeschrieben hat. Die russischen Heere hatten von Moskau, Warschau und Kiew aus auf zum Teil unweg-samen Straßen nach Süden marschieren müssen und trafen später ein als die Armeen der Verbündeten, die die Seewege benutzen konnten. Es begann deshalb von 1857 an mit Hilfe von ausländischem Kapital das Eisenbahnnetz Rußlands immer engere Maschen zu ziehen.

1903 besaß das europäische Rußland einschließlich Finnland 53258 km Schienenweg, das asiatische Rußland nebst Mandschurei 11785.

Ende 1891 waren auf den russischen Eisenbahnen 6996, also rund 7000 Lokomotiven im Betrieb. Davon waren 267 Personenzuglokomotiven und 1122 Güterzuglokomotiven. 1897 hatte Rußland 8765 Lokomotiven, davon rund 7000 Güterzuglokomotiven.¹⁾

Mit der Entwicklung der Dampfmaschine in den Fabrikbetrieben und in dem Verkehr wuchs die Gesamtindustrie Rußlands. Durch die Dampfmaschine gefördert nahm sie bedeutenden Umfang an. Allen voran steht die Textilindustrie mit 33 v. H. des Gesamtwertes der russischen Industrieproduktion, dann kommt die Industrie der Nahrungsmittel mit 22,8 und der Bergbau mit 13,9 und an 4. Stelle die Metallfabrikation, diese vier Gruppen machen allein 80 v. H. aus.

Auch an der Zunahme der Kohlenförderung kann man das Wachsen der Industrie und damit auch mittelbar den Einfluß der Dampfmaschine erkennen. Wurden 1887 erst rund $4\frac{1}{2}$ Mill. Tonnen gefördert, so 1903 bereits 17,5 Mill. In der Zeit von 1855 bis 1877 war die jährliche Zunahme der Kohlenförderung ungefähr 74000 t. In dem Zeitraum von 1887 bis 1897 betrug die jährliche Vermehrung ungefähr 667000 t. Begünstigt wurde der inländische Kohlenbergbau vor allem auch durch den erhöhten Zoll auf ausländische Kohlen. Trotzdem wurden 1897 noch 2,7 Mill. Tonnen Kohlen in Rußland eingeführt.²⁾

Auch der Maschinenbau hat sich sehr entwickelt. 1887 betrug der Produktionswert dieser Industrie fast 50 Mill. Rubel, zehn Jahre später, 1897, bereits über 142 Mill. Rubel. Auch diese Zahlen zeigen, was in den letzten Jahrzehnten, seit Entstehung der russischen Großindustrie, geleistet wurde.

14. Amerika.

A. Vereinigte Staaten von Nordamerika.

Amerikas erste Feuermaschine. — Anfänge des Dampfmaschinenbaues. — Oliver Evans. — Der amerikanische Lokomotivbau. — Baldwin und Norris. — Der Beginn des modernen Dampfmaschinenbaues durch Corliss. — Die Corliss-Maschine. — Die Bedeutung der Dampfmaschine in Amerika. — Statistische Angaben über Ausbreitung der Dampfmaschinen in Amerika.

Amerika erhielt seine erste Feuermaschine aus England. Wieder war es die Not des Bergbaues, die dazu zwang, einen Versuch mit der neu entdeckten Naturkraft zu machen. Der Besitzer einer reichen Kupfergrube bei Newark NJ., John Schuyler, hatte bisher noch zur Not mit Hand-

¹⁾ s. Röhl, *Encycl. d. Eisenbahnw.*, Bd. 6, S. 2813. Die Geschichte der russischen Eisenbahnen und Kovalevsky s. a. o.

²⁾ s. Kovalevsky, *La Russie*, Paris 1900.

und Pferdebetrieb seine Grube vom Wasser freihalten können. Wollte er aber tiefer gehen, so reichten die bisher angewendeten Kräfte nicht mehr aus. Schuyler, der von dem Erfolg der Feuermaschine in Cornwall gehört hatte, beauftragte deshalb seinen Londoner Vertreter, ihm aus Cornwall eine Feuermaschine zu verschaffen; dieser wandte sich an die bekannten Kunstmeister Jonathan und Josiah Hornblower. Die Feuermaschine, Newcomenscher Bauart, traf im September 1753 nach dreimonatlicher Überfahrt an ihrem Bestimmungsorte ein.¹⁾ Die Kosten für die betriebsfertig aufgestellte Maschine sollen über 60 000 M. betragen haben.

Josiah Hornblower begleitete die Maschine, stellte sie auf und leitete zuerst auch jahrelang den Betrieb; er wurde schließlich der erste Dampfmaschinenbauer Amerikas.

Die Maschine lief bis 1775 und erfüllte in jeder Weise ihre Aufgabe, den Betrieb der Grube aufrecht zu erhalten und weiter auszudehnen. Während des amerikanischen Befreiungskrieges wurde der Betrieb eingestellt, um erst 1792 wieder auf einige Jahre aufgenommen zu werden. Am Anfang des 19. Jahrhunderts wurde dann die alte Maschine abgebrochen und der große kupferne Kessel nach Philadelphia gebracht.

Neben dieser Maschine sollen noch zwei andere, aus England bezogene Feuermaschinen, vor dem Befreiungskrieg tätig gewesen sein.

1772 hielt Christopher Colles bereits Vorträge über Dampfmaschinen; er soll auch bereits damals Dampfmaschinen in Amerika erbaut haben.²⁾

Am Ende des 18. Jahrhunderts waren erst sechs Dampfmaschinen in ganz Amerika im Betrieb. Die eine diente für die Wasserversorgung New Yorks, es soll eine normale Wattsche doppeltwirkende Maschine gewesen sein, deren Schwungradwelle mit Sonne und Planetenradgetriebe bewegt wurde; drei kleine Pumpen wurden durch Kurbeln von der Welle aus betrieben. Die zweite Maschine stand ebenfalls in New York und gehörte einem gewissen Roosevelt, sie arbeitete in einer Sägemühle. Zwei Maschinen waren in Philadelphia für die städtische Wasserversorgung tätig. Eine Maschine arbeitete in Boston in einem gewerblichen Betrieb. Außerdem war noch eine kleine Maschine, die von Evans gebaut war, im Betrieb.³⁾

Die ganze Entwicklung des Maschinenbaues, der Industrie überhaupt, gehört in Amerika ausschließlich dem 19. Jahrhundert an.

Der erste große Dampfmaschinenbauer Amerikas war Oliver Evans,

¹⁾ Von dem Zylinder der Maschine, dessen Guß sehr gut gewesen sein soll, wird noch ein Stück in Newark aufbewahrt.

²⁾ s. Abridg. spec. Steam engine, London 1871.

³⁾ Die Geschichte der ersten Dampfmaschinen Amerikas, besonders soweit sie in städtischen Wasserwerken arbeiteten, ist ausführlich behandelt, in Journal of the Franklin Inst. und daraus auch Engineering 1876, Bd. II., S. 383. Über Entwicklung der Wasserwerksanlagen s. Riedler Z. d. V. d. Ing. 1893, S. 605. 1884 waren schon über 500 größere Wasserwerke mit zusammen über 10 Mill. cbm täglicher Leistung im Betriebe.

der, 1755 in der Nähe Philadelphias geboren, als Stellmacher sich zuerst sein Brot verdienen mußte. Der amerikanische Befreiungskrieg, der mit einem Schlage Amerika politisch und wirtschaftlich frei von England machte und die von England künstlich zurückgehaltene gewerbliche Entwicklung außerordentlich förderte, bot auch Evans sehr bald Gelegenheit, auf den verschiedensten Gebieten seine technischen Ideen zu verwirklichen. Er baute Maschinen für die Textilindustrie und leistete hervorragendes im Bau von Mahlmühlen; manche Maschinen und Maschinenteile, die noch heute in unseren Mühlen zu finden sind, rühren in ihren Grundzügen von Evans her. Er verstand es, die Leistungsfähigkeit der Maschinen zugleich mit der Güte des Mehles zu steigern. In den Mühlen in Baltimore soll Evans jährlich allein 5000 Dollar an Arbeitskosten erspart und die Einnahme um 30000 Dollar im Jahre vermehrt haben.

Die Mängel der vorhandenen Kraftmaschinen in den gewerblichen Betrieben, mit denen er zu tun hatten, führten ihn auch dazu, sich mit der Dampfmaschine zu befassen. Vollkommen abweichend von der in der alten Welt bisher ausgebildeten Bauart der Maschine ging er seine eigenen Wege. Nicht Dampf Niederdruckmaschinen mit Kondensation, sondern Hochdruckmaschinen mit Auspuff des Dampfes begann er zu bauen. Während man in Europa Dampfdrücke bis höchstens 1 at anwendete, arbeitete Evans in Amerika bereits mit 8 bis 10 at. Er erhielt dadurch leichte, kleine und billige Maschinen und drückte dem amerikanischen Dampfmaschinenbau von vornherein den eigenartigen Stempel kühner technischer Ideen auf; daß Evans auch den Dampf bereits als Verkehrsmittel anzuwenden versuchte, wurde vorher (S. 89) berichtet.

1795 schickte Evans nach England Zeichnungen und Beschreibungen seiner Erfindung, um einen Engländer zu veranlassen, darauf ein Patent zu nehmen. Sein Agent aber schrieb ihm aus London, daß man dort an den Nutzen seiner Maschine nicht glaube.

Bis 1800 hatte Evans sich soviel gespart, um auf eigene Kosten seine Hochdruckmaschinen bauen zu können. Er teilte seine Idee Sachverständigen mit, fand aber nur zwei, die Verständnis dafür hatten. Alle anderen behandelten ihn als Projektmacher. Der Erfolg seiner Hochdruckmaschine straffte diese Beurteilung Lügen. Evans zeigte, daß er es auch verstand, Pläne auszuführen.

Evans erbaute in Philadelphia eine große Fabrik; sein Sohn errichtete eine gleiche Maschinenfabrik in Pittsburg. Der Erfolg schien ihm sicher. Da wurde seine Fabrik in Philadelphia in Brand gesteckt, die kostbaren Modelle, die Früchte langer Arbeit im Wert von etwa 100000 Frank, verbrannten. Evans, dessen Gesundheit durch lange Entbehrungen erschüttert war, konnte diesen Schlag nicht mehr ertragen. Er befand sich gerade in New York, als ihn die Nachricht von diesem Unglück ereilte. Vier Tage später, am 15. März 1819, starb Oliver Evans, der erste große erfolgreiche Dampfmaschinenfabrikant Amerikas. „Wohltäter des Vater-

landes“ nannte ihn, seine Verdienste zu ehren, der Kongreß der Vereinigten Staaten.¹⁾

Am Ende des 18. Jahrhunderts begannen neben Evans auch andere hervorragende amerikanische Ingenieure sich mit der Dampfmaschine zu beschäftigen. Die ungeheure Ausdehnung des dünn bevölkerten Landes, die mächtigen Ströme und großen Seen legten es nahe, immer wieder zu versuchen, die Dampfkraft dem Verkehr dienstbar zu machen. Mit welchen Erfolgen dies zuerst auf dem Wasser erreicht wurde, konnte bereits früher gezeigt werden.

Männer, wie Fitch, Rumsey und in erster Linie Fulton waren die Vorkämpfer der Dampfmaschine auf diesem Gebiete. Zu diesen kühnen, weitblickenden Männern gehört auch John Stevens von Hoboken, der sich ebenfalls eifrig bemühte, die Dampfkraft in den Verkehr zu Wasser und zu Lande einzuführen. Noch bedeutsamer als Ingenieur war der Sohn von John Stevens, Robert L. Stevens, der die amerikanischen Flußdampfschiffe in der ihnen noch heute eigentümlichen Weise durchgebildet und außerordentlich zur Ausbreitung der Dampfschiffahrt in seinem Vaterlande beigetragen hat. Er starb im April 1856. R. H. Thurston, der beste Kenner der amerikanischen Dampfmaschinengeschichte, rechnet ihn zu den größten, amerikanischen Maschinenbauern.

Unter die ersten Schiffsmaschinenbauer Amerikas gehören auch L. Thurston und John Babcock, die um das Jahr 1821 damit begannen, Dampfschiffe zu erbauen. Sehr erfolgreich war ferner im Schiffsmaschinenbau James P. Allaire in New York, der auch im Jahre 1825 die ersten Woolfschen Maschinen für Schiffe erbaute.²⁾

Zu den größten Werken auf diesem Gebiet gehört heute die 1830 von William Cramp in Philadelphia begründete Schiffs- und Maschinenbauanstalt von William Cramp & Sons. Hier werden auch die großen Schlachtschiffe der nordamerikanischen Marine erbaut.³⁾

Mit der gleichen Energie, mit der die amerikanischen Ingenieure die Dampfkraft dem Verkehr zu Wasser dienstbar machten, versuchten sie auch frühzeitig mit Lokomotive und Eisenbahn ihr ungeheures Land weiter zu erschließen.

Nach Evans, der noch ohne greifbaren Erfolg sich mit dem Dampfswagen beschäftigt hatte, erbaute John Stevens 1825 eine kleine Modelllokomotive mit zwei Wasserrohrkesseln, die, auf einer kurzen Versuchs-

¹⁾ s. Evans, Manuel de l'Ingénieur, trad. J. Doolittle, Paris 1821. In anderen Quellen wird der 19. April 1819 als sein Todestag angegeben. Der Kongreß hatte 1815 auch das Dampfmaschinenpatent bis 1825 verlängert.

²⁾ s. u. a. Thurston, a history of the growth of the steam engine London 1878; ferner Abridgments of the Spec. Marine Propulsion, London 1858, S. 305, App. B: Steam-Boats in America enthält kurze historische Angaben, aus wichtigsten amerikanischen Quellen zusammengestellt, die sich besonders auf die Anfänge der Dampfschiffahrt am Ende des 18. Jahrhunderts beziehen.

³⁾ s. Z. d. V. d. Ing. 1893, S. 666.

strecke in Hoboken probiert, noch wenig Beachtung fand. Die erste wirkliche Lokomotive, „Stourbridge Lion,“ wurde 1829 durch Horatio Allen dem Leiter der Delaware and Hudson Canal Co. aus England bezogen. In New York versuchte man sie zunächst zu verwenden, mußte sie aber, da das Geleise die Last nicht auszuhalten vermochte, sehr bald wieder außer Betrieb setzen. In Amerika wurden die ersten Lokomotiven von Davis & Gartner in York, Pennsylvanien für die Baltimore-Ohio-Bahn erbaut.¹⁾ Bald begann man sich allorts in Amerika eifrigst um den Lokomotivbau zu kümmern. Maßgebenden Einfluß auf die Entwicklung übten Norris und Baldwin aus.

Matthias W. Baldwin begann seine Tätigkeit 1817 als Gold- und Silberarbeiter in Philadelphia. Zwei Jahre später machte er sich selbständig. 1825 nahm er David Mason, einen Maschinenbauer, in sein Geschäft auf; sie bauten Werkzeuge und Maschinen für Drucker und Buchbinder, bald brauchten sie auch Dampfkraft zum Antrieb ihrer Arbeitsmaschinen. Mit der Dampfmaschine, die sie erworben hatten, durchaus unzufrieden, erbaute Baldwin selbst eine kleine Bockmaschine, die sich gut bewährte und noch heute als Andenken von der Firma aufbewahrt wird. Der günstige Erfolg ließ ihn den Bau von ortsfesten Maschinen aufnehmen.

1830 kam die erste Lokomotive aus England nach Amerika. Baldwin brachte dieser neuen Anwendung der Dampfkraft das größte Interesse entgegen. Das Museum in Philadelphia beauftragte ihn, eine kleine Lokomotive für Ausstellungszwecke zu bauen. Die Lokomotive brauchte nur zwei kleine Wagen mit je zwei Personen zu ziehen. Baldwin führte den Auftrag zur Zufriedenheit aus. Bald darauf wurde er beauftragt, auf einer kurzen Eisenbahnstrecke in der Nähe Philadelphias, die Pferde durch eine Lokomotive zu ersetzen. Baldwin studierte die inzwischen aus England herübergekommene Lokomotive und ging dann kühn daran, eine neue nach eigenen Plänen zu entwerfen. Diese erste Baldwin-Lokomotive, „Old-Ironsides“, wurde am 23. November 1832 versucht; sie bewährte sich, und bald folgten neue Bestellungen. Aber die Schwierigkeiten, die bei der ersten Lokomotive überwunden werden mußten, waren außerordentlich groß. Es fehlte an geübten Arbeitern, an Werkzeugen und Maschinen und an jeglicher Erfahrung, so daß Baldwin sich manchmal mutlos fragte, ob er wohl je das Unternehmen würde zu Ende führen können. „Das ist unsere letzte Lokomotive“, soll er damals zu einem Freunde, der die erste Lokomotive besichtigte, geäußert haben. Wie sehr er sich irrte, zeigt die Entwicklung der großen durch ihn begründeten Lokomotivwerke.

1835 wurden bereits 14 Lokomotiven erbaut, 40 schon im nächsten Jahre. 1836 und 1837 begann eine große Geschäftskrisis ihre Wirkung auf alle Industriezweige Amerikas auszuüben. Der Bedarf an Lokomotiven ging sehr zurück, und auch Baldwin mußte schließlich seinen Gläubigern

¹⁾ s. Röll, *Encycl. d. Eisenbahnw.*, Bd. 5, S. 2299.

einen Vergleich anbieten. Er bat sie, ihn noch zwei Jahre sein Geschäft fortführen zu lassen, weil er dann sicher hoffe, alle Verbindlichkeiten decken zu können. Sie vertrauten ihm und hatten es nicht zu bereuen, denn nach einigen schlechten Jahren blühte das Geschäft um so mächtiger empor, dank der unerschütterlichen, zähen Energie des großen Unternehmers.

Von 1831 bis 1861 wurden 1000 Lokomotiven von den Baldwin-Werken erbaut. Wieder 30 Jahre später, 1891, wurde bereits die 12000ste und 1896 die 15000ste Baldwin-Lokomotive dem Betriebe übergeben.¹⁾

Gehen wir wieder zurück auf die 30er Jahre des vorigen Jahrhunderts, so läßt sich erkennen, wie langsam mit der Entwicklung der Industrie auch die Dampfkraft immer weiter vordringt, die in Amerika viel mehr als in Europa von Anfang an auf den verschiedensten Gebieten erfolgreich mitarbeitete. Fast immer waren es billige Maschinen von denkbar einfachster Konstruktion, die mit einfachsten Mitteln sich herstellen ließen und ein Mindestmaß von Wartung beanspruchten. In dem holz- und kohlenreichen Lande wurde auf geringen Brennstoffverbrauch wenig Wert gelegt. Auch verlangte man von den Maschinen nicht, daß sie viele Jahrzehnte halten sollten. Haben sie ihre Arbeit geleistet, dann wirft man sie weg und erwirbt eine neue Maschine, bei der wieder die neuesten Erfahrungen berücksichtigt werden können. Viel früher als in Europa wandte man allgemein höheren Druck an, auch finden sich schon in den 30er und 40er Jahren in Sägemühlen und anderen gewerblichen Betrieben „Schnellläufer“, die oft um mehr als das Zehnfache an Umdrehungszahl ihre europäischen Kollegen übertrafen.

Bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts hatte die Dampfmaschine auch in Amerika in allen gewerblichen Betrieben Eingang gefunden; sie begann schon die Wasserkraft mehr und mehr zurückzudrängen. Außerhalb Amerikas aber wußte man bis dahin noch wenig oder nichts vom amerikanischen Dampfmaschinenbau. Das änderte sich von Grund aus durch die Arbeiten des großen Ingenieurs Georg Henry Corliss, dessen Name auf das engste mit der Dampfmaschinengeschichte verbunden, dessen Bedeutung für die ganze Entwicklung der Dampfmaschine fast nur von Watt übertroffen wird.

Corliss wurde am 2. Juli 1817 als Sohn eines Arztes zu Easton NJ. geboren.²⁾ Schon mit 21 Jahren hatte er Gelegenheit, seine hervorragende technische Begabung zu zeigen.

¹⁾ s. History of the Baldwin-Locomotive Works 1831 to 1897. Philadelphia 1897. Baldwin starb am 7. September 1866.

²⁾ Im Februar 1888 erkrankte Corliss am gastrischen Fieber, das in wenigen Tagen seinen Tod herbeiführte. Corliss wird als entschlossener, charakterstarker Mann geschildert, der nicht nur Entschlüsse zu fassen, sondern sie auch allen Hindernissen zum Trotz durchzuführen verstand. Er war streng religiös, im persönlichen Verkehr stets liebenswürdig und zuvorkommend; in friedlichem, glücklichem Familienleben brachte Corliss die Zeit, die ihm seine Geschäfte freiließen, in einem einfachen Landhause in der Nähe seiner Fabrik zu; hier allein suchte er Erholung und Genuß, be-



George Henry Corliss

geb. 1817, gest. 1888

Anfangs war seine konstruktive Tätigkeit auf Hilfsmaschinen für die Schuhfabrikation gerichtet. 1844 zog er nach Providence und begann hier 1846 sich mit der Dampfmaschine angelegentlich zu beschäftigen. Bald darauf gründete er mit John Barstow und E. J. Nightingale eine Maschinenfabrik, in welcher auch die erste „Corliss-Maschine“ erbaut wurde. Sie kam im Februar 1848 in Providence in einer Färberei in Betrieb und leistete 260 PS. Einige andere Maschinen, die er bald darauf in Auftrag bekam, hatten zugleich mit dieser ersten Corliss-Maschine einen so durchschlagenden Erfolg, daß die Firma Land kaufen konnte, um neue, große Fabriken anzulegen. 1849 konnte bereits die neue Fabrik bezogen werden.

Am 30. April 1850 zog sich Barstow von der Firma zurück. Am 1. August 1857 wurde die „Corliss Steam Engine“ gegründet. Die Teilhaber waren: Corliss, Nightingale, John H. Clark, Scott, A. Smith, Granville, Wood.

Dank der großen Vorzüge breiteten sich die Maschinen ungeahnt schnell aus. Aber ebenso wie Watt konnte auch Corliss erst die Früchte seiner Arbeit ernten, nachdem es ihm gelungen war, sein Patent in langen schwierigen Prozessen gegen alle Angriffe, die der Erfolg seiner Maschinen zeitigte, zu verteidigen. Nicht nur in Amerika wurde die Corliss-Maschine bahnbrechend, auch die Alte Welt eroberte sie sich in wenigen Jahrzehnten.¹⁾

Sobald die Corliss-Patente abgelaufen waren und der Bau seiner Konstruktionen frei war, nahmen die verschiedensten Fabriken Amerikas auch den Bau von Corliss-Maschinen auf.

Mit ganz besonderem Erfolge arbeitete die Fabrik von Edwards P. Allis in Milwaukee, die 1877 Edwin Reynolds, einen der größten Schüler Corliss, als Konstrukteur gewann. Reynolds verstand es die Werke zu einer der größten und angesehensten Maschinenfabriken der ganzen Welt emporzuführen. Noch heute ist er an der Spitze der jetzigen Allis-Chalmers Co. unablässig bemüht, die Dampfmaschinen, deren Ent-

sonders in der Pflege seines Gartens. „Einen Rasen wie der seine,“ erklärte er voll Stolz, „sei in ganz Amerika nicht zu finden.“ An Ehre und Auszeichnung fehlte es ihm nicht. Keine Ausstellung verlief, ohne ihm die größten Anerkennungen einzutragen. Selbst wenn er, wie 1873 in Wien, nicht ausgestellt hatte, erhielt er doch mit Recht die goldene Medaille, weil die Mehrzahl der 400 dort aufgestellten Maschinen nach seinem System gebaut waren.

1870 überreichte ihm die amerikanische Akademie der Wissenschaft und Künste die Rumford-Medaille mit den Worten: „Seit Watt hat keine Erfindung die Wirksamkeit der Dampfmaschine so erhöht, wie die, für welche die Rumford-Medaille überreicht wird.“

Einen sehr bemerkenswerten Nachruf, der die Verdienste des großen Amerikaners im allgemeinen geschichtlichen Zusammenhang würdigt, hat Otto H. Mueller sen., einer der eifrigsten Förderer der Corliss-Maschine in Europa, in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1889, S. 169, veröffentlicht.

¹⁾ Ausführliche Angaben über den Siegeslauf der Corliss-Maschine enthält das entsprechende Kapitel im zweiten Teil.

wicklung er in so maßgebender Weise beeinflußt hat, auf der Höhe ihres Rufes zu erhalten.¹⁾

Die Corliss-Maschine hat in Europa das größte Interesse am amerikanischen Maschinenbau hervorgerufen. Aber noch bis zu den 70er Jahren war, wenigstens auf dem Kontinent, wenig hierüber bekannt. Erst die Jahrhundertausstellung zu Philadelphia 1876 stellte eine innigere Fühlung der europäischen mit der amerikanischen Maschinenteknik her. Besonders eingehend vermittelte diese Kenntnis der weiteren Öffentlichkeit der geniale Wiener Professor J. F. Radinger, dessen ausführlicher Ausstellungsbericht über Dampfmaschinen und Dampfkessel kritisch die Leistungen amerikanischer Ingenieure würdigte und neben mancher abfälligen Beurteilung im allgemeinen doch zur weitgehendsten Anerkennung der amerikanischen Ingenieurkunst gelangte. Kein Lob erschien Radinger hoch genug, der Person und den Leistungen eines Corliss' gerecht zu werden, den er als einen der größten Ingenieure verehrte.

Die Ausstellung zu Philadelphia zeigte mit einem Male das riesige Wachstum des amerikanischen Maschinenwesens. Den deutschen Ingenieur mußte es mit Staunen erfüllen, jenes jugendfrische Vorwärtsstreben des jungen großen Landes, wenn er es verglich mit dem kleinen ängstlichen Vorankommen auf dem europäischen Festlande. „Dieses Wachstum“, schreibt Radinger, „gleicht dem eines jungen großen Riesen, der sich breit zu machen beginnt in der Welt.“ Höchst bemerkenswert sind die Gründe, die Radinger hierfür angibt.

„Der Hauptgrund dieses Wachstums liegt selbstverständlich in dem glücklich angelegten und geistig frischen Volkscharakter, der überall auf rasche Arbeit dringt und die Mühe und das Wagen keines Versuches scheut, unermüdlich jeden Pfad verfolgt, der zu einem Ziele zu führen verspricht, und unenttäuscht einen neuen betritt, wenn der erste verslägt. Dieser gründliche und arbeitsfrohe Geist kennt keine Ruhe im Ersinnen neuer und in der Verbesserung bestehender Schöpfungen, und nirgends gibt es mehr originelle Erfindungen und raffinierteste Vollendungen als dort.“

Zu dem für technisch wirtschaftliche Arbeit so günstigen Charakter des unternehmenden Kolonistenvölkes kam noch der Reichtum des Bodens an Naturschätzen. Vorzügliche Kohlen und ein Eisen, wie man es in gleich guter Beschaffenheit in Europa damals nicht kannte, förderten die amerikanische Industrie.

Unterstützt wurde dann ferner die Entwicklung des amerikanischen

¹⁾ Edwin Reynolds wurde am 23. März 1831 in Mansfield, Conn., geboren. Zuerst arbeitete er als Maschinenbauer in mehreren Fabriken Connecticut. 1867 trat Reynolds bei Corliss ein, dessen Werk damals die größte Dampfmaschinenfabrik Amerikas war. Hier war er bis 1877 an erster Stelle an der weiteren Entwicklung der Corliss-Maschinen beteiligt.

[s. The Iron Trade Review, 22. März 1906, Vol. 39, die Reynolds Bild und kurze biographischen Angaben enthält.]

Maschinenwesens noch wesentlich durch ein gutes Patentgesetz und auch durch einen hohen Schutzzoll, der den Maschinenbau vor fremdem Wettbewerb, den er anfangs kaum ertragen hätte, schützte. Auch andere Faktoren lassen sich noch anführen. In erster Linie kommt die dünne Bevölkerung des Landes bei großer landwirtschaftlicher und gewerblicher Tätigkeit in Betracht, Handarbeit mußte deshalb außerordentlich teuer werden, ein Umstand, der zur Anwendung von Dampfmaschinen zwang. Die eigenartigen Verhältnisse Amerikas haben die Arbeitsteilung auf allen Gebieten des Maschinenbaues sehr gefördert, und diese ihrerseits hat wieder die Industrie weiter vorwärts geführt. Die zur Massenfabrikation übergehende Arbeitsteilung war lange Zeit für Amerika — und sie ist es bis heute noch in gewissem Grade — besonders kennzeichnend; sie hat in vielen Fällen allein die großen wirtschaftlichen Erfolge möglich gemacht.¹⁾

Frühzeitig, und mehr als in Europa, ist die Dampfmaschine in Amerika auch gleichsam in das Privatleben der Menschen eingedrungen. Da kein Gesetz die Anwendung der Dampfkraft innerhalb bewohnter Räume erschwerte oder unmöglich machte, so ist die Dampfmaschine in allen ihren Formen, besonders auch als Kleinmotor drüben viel enger mit dem ganzen Tun und Treiben des Menschen verwachsen, als bei uns; auch deshalb schon, weil viele Arbeiten, die in Europa noch vielfach tierischer oder menschlicher Muskelkraft zufallen, schon frühzeitig der Maschine übertragen werden mußten.

Radinger gibt ein sehr bemerkenswertes Bild des amerikanischen Dampfmaschinenbaues Mitte der 70er Jahre. Nicht minder interessant zeichnet später Riedler den Stand des Dampfmaschinenbaues zu Anfang der 90er Jahre in seinem Ausstellungsbericht, Chicago 1893, der sich nicht auf die Ausstellung beschränkt, sondern in überaus bemerkenswerter Weise die ganzen Vereinigten Staaten heranzieht. Auch kulturgeschichtlich sind gerade diese Aufsätze interessant, da der Verfasser häufig von den rein technischen Einzelheiten abgeht und weiten Blickes Gründe und Ursachen der Entwicklung behandelt. Als Beweis, wie in Amerika die Dampfmaschine auf manchen Gebieten in viel größerem Umfange benutzt wurde als bei uns, führt Riedler die technischen Anlagen der damals auch in Amerika noch neuen riesigen Luxushotels an, von denen einige über mehr Pferdestärken verfügten, als bei uns kleinere und mittlere Städte in ihren Mauern besitzen. Gab es doch 1813 schon Hotels, die zur Erzeugung des elektrischen Lichtes, zum Betrieb ihrer Aufzüge, zur Wasserversorgung und zum Antrieb all der maschinellen Einrichtungen, die in den riesigen Betrieben vorhanden waren, 1000 bis 2000 Dampfmaschinen-PS benutzten.²⁾

¹⁾ Im II. Teil der technischen Entwicklung wird besonders im Kapitel über Schnellläufer auf dem amerikanischen Dampfmaschinenbau noch näher einzugehen sein. Im Kapitel Pumpmaschine wird eingehend auch über Worthington und seine Lebensarbeit berichtet.

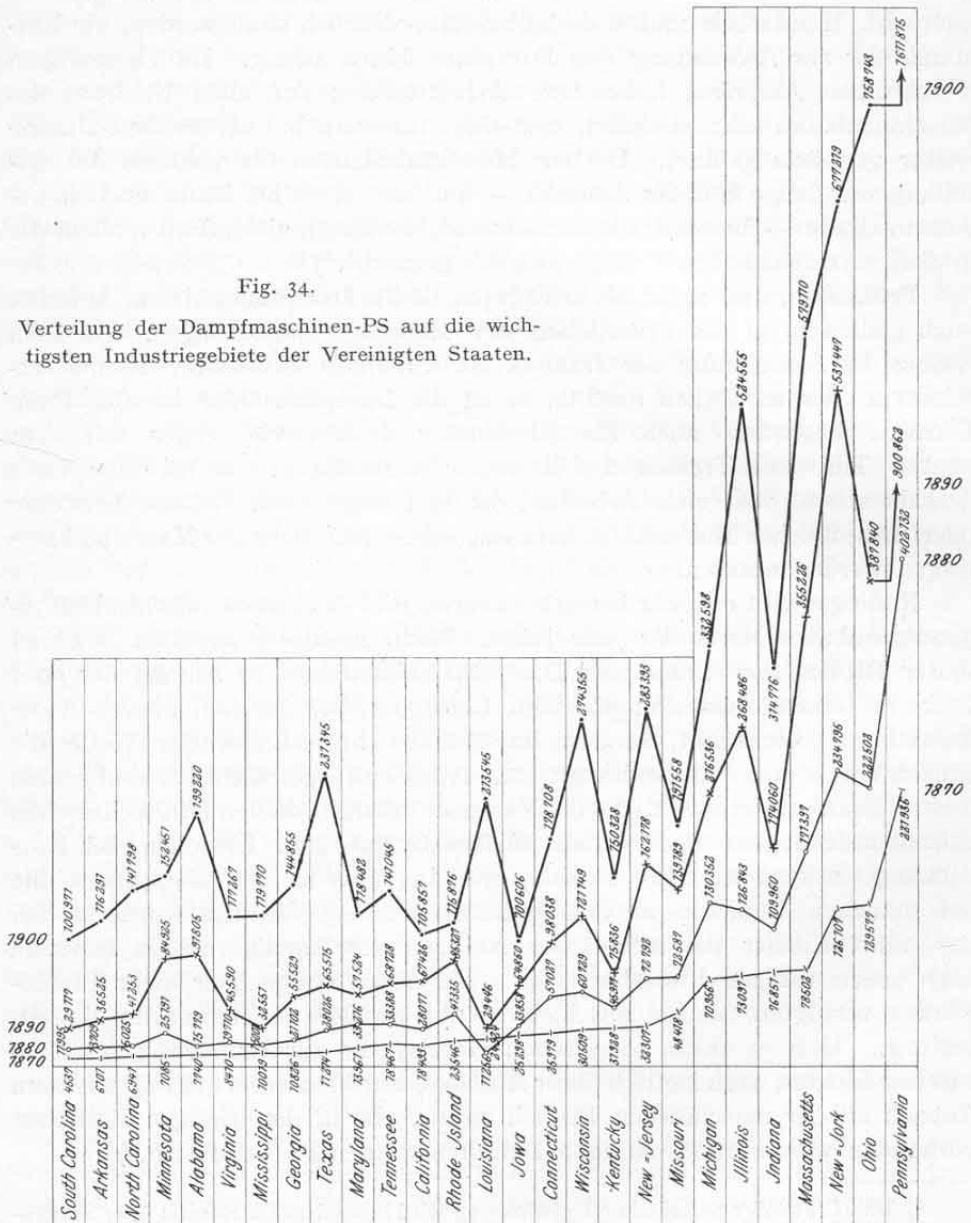
²⁾ s. Riedler, Z. d. V. d. Ing. 1893.

Statistische Angaben.

Dank den sehr ausgedehnten, statistisch wertvollen Erhebungen, die von dem „Departement of the Interior“ bearbeitet, alle zehn Jahre

Fig. 34.

Verteilung der Dampfmaschinen-PS auf die wichtigsten Industriegebiete der Vereinigten Staaten.



erscheinen, ist es möglich, ein einigermaßen klares Bild über den Stand des amerikanischen Dampfmaschinenbaues, seine Verteilung über

die einzelnen Staaten und seine Ausbreitung in den wichtigsten Gewerben zu machen.¹⁾

1900 wurden in den Vereinigten Staaten fast 11,3 Mill. PS an mechanischer Kraft nur in den verschiedenen gewerblichen Betrieben benutzt. Zehn Jahre vorher waren es fast 6 Mill., 1880 3,4 Mill. und 1870 etwas über 2,34 Mill., d. h. die Leistung der gewerblichen Kraftmaschinen war in den Jahrzehnten von 1890 bis 1900 um 89,8 v. H., von 1880 bis 1890 um 74,6 v. H. und 1870 bis 1880 um 45,4 v. H. gestiegen.

Von den 11,3 Mill. PS wurden allein 8,74 Mill., das sind 77,4 v. H. durch Dampfmaschinen geleistet. Auf Wasserkraftmaschinen entfielen 15,3, auf Verbrennungskraftmaschinen 1,3 v. H. Zu diesen großen Kraftleistungen, die allein die gewerblichen Betriebe beanspruchen, kam in den letzten Jahrzehnten noch die Erzeugung des elektrischen Stromes für Licht und Kraftzwecke hinzu. Im Jahre 1900 wurden Kraftanlagen mit etwa 1 Mill. PS allein für elektrische Straßenbahn angelegt. Die Leistung der elektrischen Zentralstationen rechnet man auf 1,5 Mill. PS. Eine einzige elektrische Zentrale in New York arbeitete mit fast 250 000 PS, ein einziges großes Geschäftshaus hatte Kraftmaschinen von über 1000 PS im Betrieb. Alle diese Zahlen sind in den oben gegebenen Gesamtzahlen nicht enthalten, es ist deshalb leicht einzusehen, daß die für 1890 gegebene Zahl der Gesamtleistung der damals in den Vereinigten Staaten gebauten Dampfmaschinen viel näher kommt, als wie die für 1900 gegebenen.

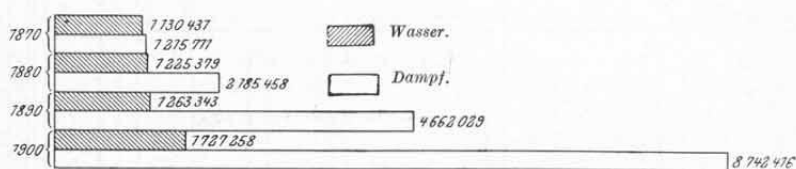


Fig. 35. Leistungen der Wasserkraftmaschinen u. Dampfmaschinen in PS in den Ver. Staaten.

Fig. 34 zeigt die Leistungen der Dampfmaschinen in den wichtigsten Industriestaaten Amerikas, in den letzten vier Zähljahren.

Die Dampfmaschine ist immer noch bei weitem die hervorragendste und wichtigste Betriebskraft. 1870 wurden 51,8 v. H. der gesamten Kraftmaschinen-PS durch Dampfmaschinen geleistet. 1880 war der Anteil der Dampfmaschinen an der Gesamtkraftleistung bereits auf 64,1 v. H. 1890 auf 76,9 und 1900 auf 77,4 v. H. gestiegen, in 30 Jahren also von 51,8 auf 77,4 v. H. gewachsen.

Wie Wasser- und Dampfkraft in den letzten Jahrzehnten sich gegeneinander stellte, veranschaulicht Fig. 35.

Die Wasserkraft wuchs in drei Jahrzehnten von 1,13 auf 1,72 Mill. PS, die Dampfkraft im gleichen Zeitraum von 1,21 auf 8,74 Mill. PS.

¹⁾ Unterlagen für die folgenden statistischen Darstellungen und Tabellen sind entnommen, Census Reports, Vol. 7 u. 9, Washington 1902.

Fig. 36.

Verteilung der Dampfmaschinen in PS auf die einzelnen ²Gewerbegruppen der Vereinigten Staaten.

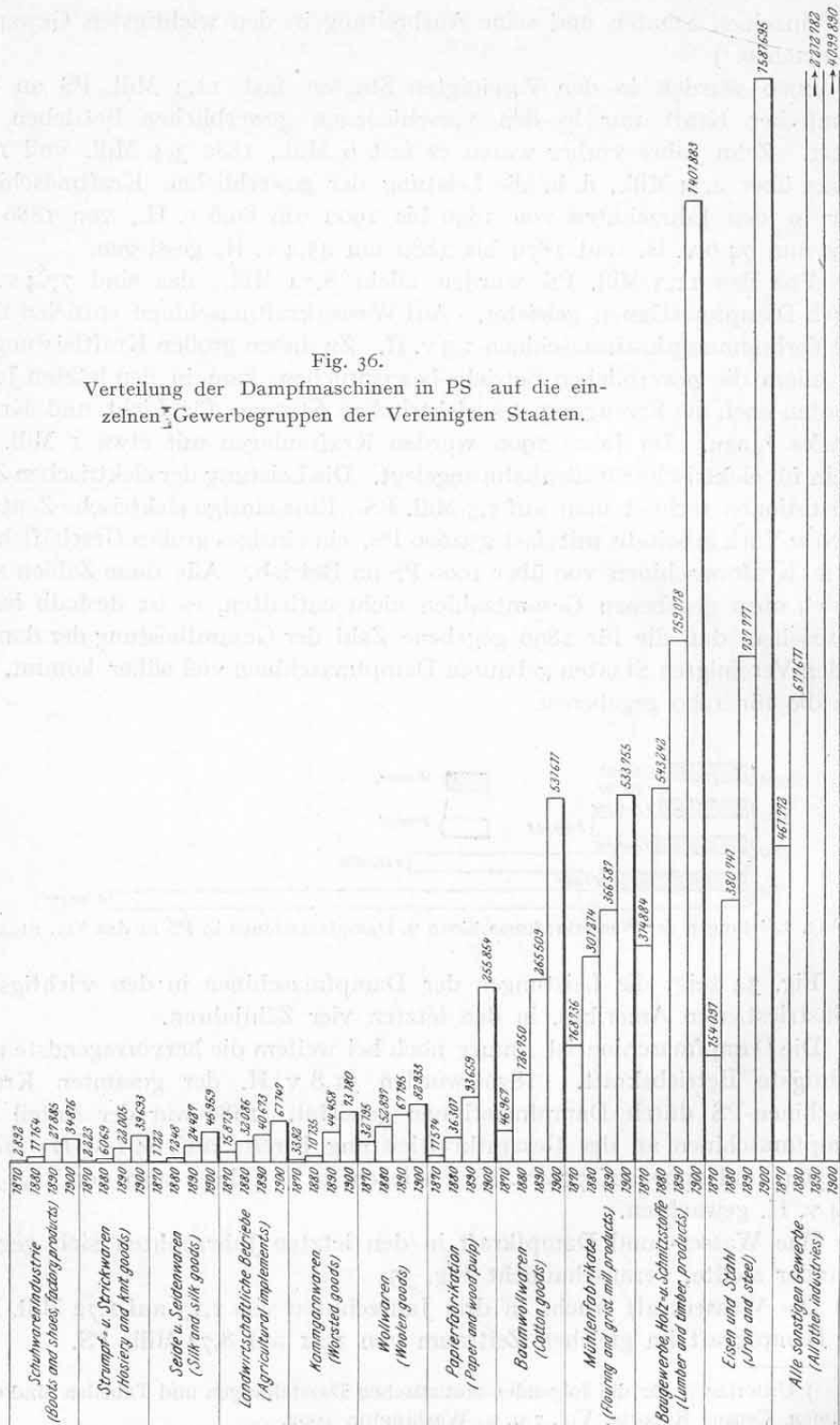
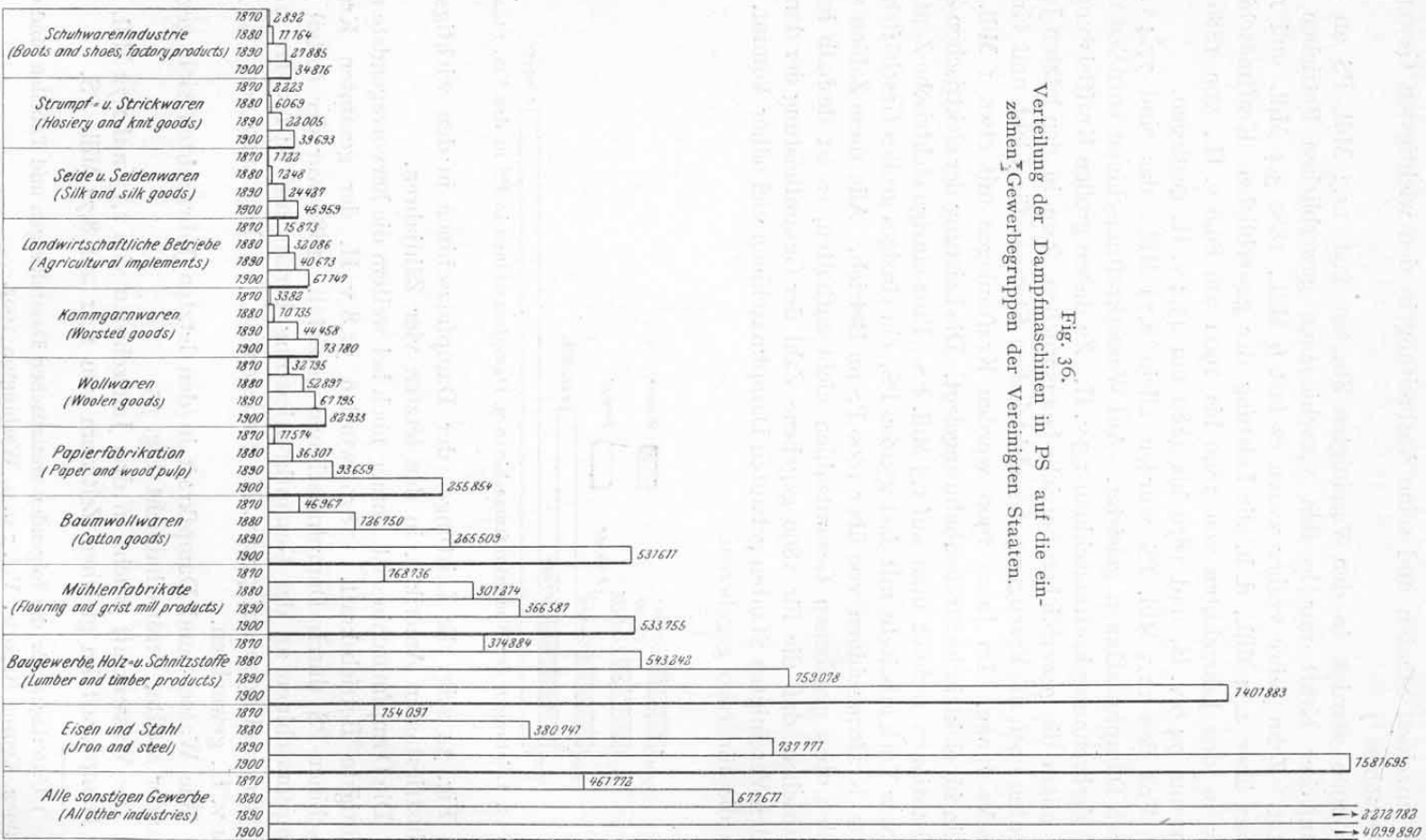


Fig. 36.
Verteilung der Dampfmaschinen in PS auf die einzelnen Gewerbegruppen der Vereinigten Staaten.



Die Statistik zeigt auch, wie außerordentlich die Größe der Maschineneinheit zugenommen hat. Die durchschnittliche Leistung einer Dampfmaschine war 1880 39, 1900 56 PS. Greift man zwei der wichtigsten Gewerbe heraus, so zeigt sich das Wachstum noch stärker. So kamen 1890 auf eine Baumwollspinnerei 198 Dampfmaschinen-PS, 1900 bereits 300. In der Eisen- und Stahlindustrie betrug die durchschnittliche Leistung der Dampfmaschinen 1890 171, 1900 235 PS.

Die Verteilung der Dampfmaschinen-PS in den einzelnen Zensusjahren auf die wichtigsten Gewerbegruppen läßt die Fig. 36 erkennen. Eisen und Stahl stehen hier allen voran, dann folgt als zweitgrößte Gewerbegruppe die Holzgewinnung und -verarbeitung, zu der vor allem die Sägemühlen gehören.

Die nächste Zahlentafel zeigt, wie sich der Dampfkessel- und Dampfmaschinenbau auf die einzelnen Staaten der Union verteilt, und zwar ist die Erzeugung des Jahres 1900 nach Anzahl der Maschinen bzw. Kessel und ihre Leistungen in PS aufgeführt.

Verteilung der Dampfkessel- und Dampfmaschinenenerzeugung des Jahres 1900 auf die einzelnen Staaten der Union.

Staat	Dampfkessel (Flamm- und Heiz- röhren)		Dampfkessel (Wasser- röhren)		Schiff- dampf- maschinen		Ortsfeste Ma- schinen mit fester Expansion und Regulieren durch Drosseln		Schnelllaufende Maschinen mit selbsttätiger veränderlicher Füllung (Schnellläufer mit Achsenregler)		Maschinen mit mittlerer Ge- schwindigkeit und selbsttätiger ver- änderlich. Füllung (meistens Corliss- Maschinen)	
	Anzahl	Leistung	Anzahl	Leistung	Anzahl	Leistung	Anzahl	Leistung	Anzahl	Leistung	Anzahl	Leistung
Pennsylvania . . .	9967	477 877	416	85 658	90	121 184	7804	211 805	827	95 633	411	95 272
Ohio	3562	182 903	1990	469 486	17	16 000	1214	46 370	329	69 694	344	158 787
New York	3708	171 139	453	55 509	111	17 404	2604	111 410	404	46 377	216	69 703
Wisconsin	730	42 048	3	115	5	2 116	384	11 874	138	1 795	498	261 403
Illinois	2666	150 007	109	25 285	94	11 312	238	7 516	169	16 706	291	50 742
California	670	52 138	32	12 300	35	41 600	88	3 513	172	4 920	15	3 090
Michigan	3278	107 522	221	25 228	42	15 650	1249	16 801	700	10 879	95	4 030
New Jersey	196	28 095	1009	201 415	94	19 045	356	10 592	225	23 685	179	22 292
Massachusetts . . .	1836	145 823	9	16 100	33	20 350	823	37 985	177	4 453	141	32 187
Indiana	3046	161 212	12	3 250	67	3 750	1953	74 169	447	32 056	84	20 268
Maryland	169	26 320	—	—	18	13 250	53	1 085	—	—	—	—
Virginia	63	45 250	—	—	29	45 512	13	275	7	39	3	50
Missouri	909	48 098	160	28 062	—	—	833	22 270	60	707	96	27 676
Delaware	24	14 300	37	27 585	13	27 900	4	720	—	—	1	180
Washington	161	5 970	31	623	36	14 035	254	12 779	—	—	—	—
Tennessee	913	51 383	3	650	—	—	291	9 230	—	—	—	—
Mississippi	207	8 185	—	—	—	—	196	6 410	8	400	8	200
Minnesota	1004	52 416	—	—	20	1 000	254	4 133	—	—	26	2 950
Maine	135	14 008	4	8 500	21	13 253	12	220	—	—	—	—
Connecticut	353	35 420	20	940	10	247	90	1 350	102	3 114	2	200
Iowa	608	29 625	—	—	9	4 180	140	5 511	1	25	77	8 940
Kentucky	152	12 820	—	—	—	—	304	12 125	—	—	—	—
New Hampshire . . .	58	6 350	—	—	1	6	1302	9 125	3	40	24	3 840
Colorado	180	8 455	—	—	—	—	237	7 651	4	475	—	—
Georgia	521	25 201	—	—	2	100	111	4 170	—	—	—	—
North Carolina . . .	40	1 600	—	—	—	—	224	5 850	15	750	—	—
Rhode Island	47	9 897	90	9 022	8	178	390	12 631	28	2610	121	71 250

Einen interessanten Aufschluß gibt auch folgende Zahlentafel. Sie läßt erkennen, wie Anzahl, Leistungsfähigkeit und Geldwert sich auf die einzelnen Kraftmaschinengruppen verteilen, und zwar beziehen sich die Zahlen auf die im Jahre 1900 in den Vereinigten Staaten fertigestellten Maschinen und Kessel. Sehr bemerkenswert ist vor allem die letzte Spalte, die erkennen läßt, wie hoch 1 PS kommt. Danach sind neben den Verbrennungsmaschinen, die weit über allen anderen stehen, die Schiffsdampfmaschinen unter den Dampfmaschinen selbst die teuersten; am billigsten sind die Schnellläufer unter den Wärmekraftmaschinen.

Übersicht über Zahl, Leistung und Geldwert der in den Vereinigten Staaten von Nordamerika im Jahre 1900 von im ganzen 1170 Fabriken erbauten Kraftmaschinen.

	Dampfkessel (Flammrohr u. Heizröhren)	Dampfkessel (Wasserrohr)	Schiffsdampf- maschinen	Ortsfeste Ma- schine mit fester Exp. u. Drehe- gulation durch Drosseln	Schnelllauf. Ma- schinen in selbst- tät. veränderlicher Füllung	Dampf- m. mit selbst. verän- derl. Füllung (Cor- liss-Maschinen)	Verbrennungs- maschinen	Wasserräder (Ob- u. Unterschläch- tige) ¹⁾	Wasser-Turbinen
Anzahl	35 802	4 731	767	21 806	3 823	2 724	18 531	58	1 665
Leistungsfähigkeit in PS.	1 943 222	98 5761	396 047	6 58 111	314 668	841 901	164 662	1 257	311 527
Durchschnittl. Lei- stung in PS. . . .	54	208	516	30	82	309	888	21	187
Geldwert in \$. . .	18 037 451	7 625 994	7 018 369	7 963 805	3 282 787	9 755 010	5 579 398	12 250	1 232 090
Ein Stück kostet \$	515	1900	9 150	365	860	3 600	—	—	—
Eine PS kostet \$.	9,28	7,73	17,72	12,11	10,43	11,59	33,88	9,74	3,95

Zu den riesigen Krafftleistungen der Industrie kommt noch eine weit größere Zahl von PS, die auf den Verkehr entfallen. Im Jahre 1900 wurden in den Vereinigten Staaten 2774 Lokomotiven in 28 Fabriken im Werte von über 27 Mill. Dollar erbaut; hierzu kamen noch 1681 Dampfautomobile.²⁾

B. Die übrigen Staaten Amerikas.

Neben den Vereinigten Staaten Nordamerikas kommen die anderen Staaten der Neuen Welt, wenn es sich um Industrie und Gewerbe handelt, wenig in Betracht. Allerdings bedienen sich auch alle anderen Länder in immer weiterem Umfange der Dampfkraft, die hier ihre Arbeit als Kulturpionier in viel eigentümlicherer Weise auszuüben vermag, als in Europa mit seiner alten Kultur. Die Eisenbahnen dringen hier voran in das

¹⁾ Diese Zahlen sind jedenfalls sehr unvollständig, da Wasserräder vielfach von einzelnen Personen ausgeführt werden, die nicht zu den der Zählung unterworfenen Fabriken gehören.

²⁾ Die Entwicklung des Eisenbahnnetzes, der Handels- und Kriegsflotte haben bereits die Fig. 15, 17 und 19 erkennen lassen.

Dickicht der Urwälder, durchqueren die Flüsse und Ebenen und wagen sich in die riesige Bergwelt bis zu einer Höhe, wie sonst nirgends auf der ganzen Welt. Die Dampfschiffahrt benutzt in ausgiebigster Weise die mächtigen Flußgebiete. Die größeren Städte bedienen sich für ihre Beleuchtungsanlagen und Wasserwerke, in üblicher Weise der Dampfkraft. Wo sich irgendeine gewerbliche Tätigkeit zu regen beginnt, da tritt die Dampfmaschine ihr fördernd zur Seite. Überall, wo Bergbau betrieben wird, ist sie fast stets unentbehrlich.

Die Not des Bergbaues hat auch die erste Dampfmaschine nach Südamerika gebracht. Die reichen Silberminen Perus konnten sich der unterirdischen Wasser schon im Anfang des vorigen Jahrhunderts nicht mehr erwehren. Die Zukunft, der Reichtum des Landes mußte versiegen, wenn nicht die Dampfmaschine Hilfe bringen konnte. Einer der Besitzer, ein Schweizer Urvillé, begab sich nach England, um aus dem Lande der Technik Rat und Hilfe zu holen. Aber die Gruben lagen in unzugänglichen Höhen der Gebirge, und nur auf engen Gebirgspfaden waren sie durch Maultiere zu erreichen. Wie sollten da die schweren großen Dampfdruckmaschinen an den Ort ihrer Bestimmung geschafft werden? Unmöglich konnte hier die vorhandene Wasserhaltungsmaschine Hilfe bringen; nur Trevithicks kleine und leichte Hochdruckdampfmaschine konnte diese Gruben aus ihrer Not erretten. Urvillé kaufte in London eine Trevithicksche Hochdruckmaschine, kehrte mit ihr nach Peru zurück, stellte sie auf und machte in dieser Weise wieder die Schätze einer der reichsten Gruben zugänglich. Trevithick selbst aber wurde der volkstümlichste Mann im Lande. Im Auftrage der Regierung reiste Urvillé zum zweiten Male nach England, um neue Maschinen zu kaufen und wenn möglich den Erfinder selbst mit in das Land zu bringen.

Neun Trevithicksche Hochdruckmaschinen wurden am 1. September 1814 in Plymouth für Lima verladen. Drei Cornwallingenieure begleiteten diese Maschinen, um sofort den Betrieb in sachgemäßer Weise einrichten zu können.

Im Oktober 1816 folgte auch Trevithick dem Ruf nach Peru; „unbegrenzte Reichtümer“ wurden ihm in Aussicht gestellt. Das ganze Land jubelte ihm bei seiner Ankunft im Februar 1817 entgegen. Der Vizekönig empfing ihn mit fürstlichen Ehren. Die Straßen waren mit Blumen und Fahnen geschmückt; die Begeisterung des Volkes kannte keine Grenzen. Die Minenbesitzer beschlossen in phantastischer Überschwenglichkeit, seine Bildsäule aus massivem Silber zu errichten. Da brach der Krieg aus. Peru suchte die spanische Herrschaft zu brechen. Spanische Truppen besetzten die Bergwerke und zertrümmerten die Maschinen, Trevithick selbst mußte fürchten, als Aufrührer behandelt zu werden. Eine romantische Flucht mit Strapazen, die schlimmer erschienen als Tod, führte ihn über die schneebedeckten eisigen Bergketten der Kordilleren endlich bis an den Hafen Carthagenas im Golf von Darien. Ein Paar „silberne Sporen“ war

alles, was ihm von den erhofften „Silberfluten“ übrig geblieben war. Ein so romantisches menschliches Schicksal begleitete die Einführung der Dampfmaschine in Südamerika.

Viele Tausende von Maschinen jeder Bauart sind diesen ersten Maschinen gefolgt, und noch viel größere Fortschritte würde die Dampfkraft in diesen reichen Ländern haben machen können, wenn nicht die unruhigen politischen Zustände eine ruhige Entfaltung von Gewerbe und Industrie behindern würden.

Besonders hat die Lokomotive in allen Staaten ihre Aufgabe als Kulturpionier übernommen.

In Kanada begann der Eisenbahnbau schon 1837. Nur langsam ging es zunächst voran. 1852 gab es erst 341 km Eisenbahnen, 10 Jahre später war das Netz auf etwa 4000, 1903 auf 30696 km angewachsen.

Mexiko hat sehr spät der Lokomotive Zutritt gewährt. Am 1. Januar 1873 konnte die von einer englischen Gesellschaft erbaute Mexikanische Eisenbahn, die von der Hauptstadt nach dem Hafen Vera Cruz führt, eröffnet werden. 1875 gab es 526, 1890 9800 und 1903 bereits 16668 km eiserne Schienenwege, auf denen die Lokomotive zum Segen der landwirtschaftlichen und gewerblichen Entwicklung in alle Teile des Landes eindringen konnte.

In Südamerika erhielt Chile die erste Eisenbahn. Der Bau wurde im Mai 1850 begonnen. Am 2. Januar konnte die Lokomotive den Hafen Caldera mit Copiapó verbinden. Die erste Staatsbahn wurde am 15. Sept. 1865 eröffnet; sie verband Valparaiso mit Santiago und wurde später weiter fortgesetzt. 1890 besaß Chile 3100, 1903 4643 km Eisenbahnen.

Von den südamerikanischen Staaten hat heute die Argentinische Republik das größte Eisenbahnnetz, 17377 km (1903). Im Dezember 1862 wurde als erste Eisenbahn eine Teilstrecke von Buenos Ayres nach Belgrano in Betrieb genommen. 1890 gab es 9800 km Schienenwege.

Argentinien am nächsten kommt Brasilien, mit 15076 km Eisenbahnen im Jahre 1903. Eine Länge, die allerdings, wenn man die ungeheure Ausdehnung des Staates in Betracht zieht, noch sehr gering ist. Auf 100 qkm kommen in Brasilien erst 0,1 km Eisenbahnen, in den Vereinigten Staaten bereits 3, in Belgien z. B. 17,8 km. Die erste Eisenbahn Brasiliens war die 16 km lange Petropolis-Bahn, die am 16. Dez. 1856 eröffnet wurde.¹⁾

15. Asien.

Der ungeheure Erdteil mit seinen riesigen Reichen und seiner uralten Kultur, der gegenüber das „alte Europa“ fast die Rolle des „jungen“ Amerika spielt, beginnt sich gerade in unserer Zeit immer mehr europäisch-

¹⁾ s. Röhl, Encycl. des Eisenbahnwesens.

amerikanischer Technik zu erschließen. Japan, das „England des Ostens“, hat bereits der staunenden Welt gezeigt, wie schnell es möglich ist, bei richtiger Benutzung der Technik, Europa nachzukommen. In zäher Ausdauer, nie ermüdendem Eifer, beseelt von dem Ehrgeiz, zu den „ersten“ zu gehören, hat das moderne Japan mit Macht der Technik, dem Maschinenbau und damit in erster Linie der Dampfkraft Eingang in seinem Lande verschafft. Als Betriebsmaschine in der Baumwollbearbeitung steht die Dampfmaschine heute an der Spitze aller gewerblichen Betriebe.

1897 waren auf diesem Gebiete 26301 Dampf- und 1352 Wasser-PS tätig, 1902 waren diese Zahlen auf 36769 für Dampf und 1785 für Wasser gestiegen.

Die japanische Handelsflotte bestand am 1. Januar 1904 aus 1570 Dampfern und 3934 Segelschiffen mit 662462 bzw. 327150 Registertons netto. Von 1898 bis 1903 wurden allein 365 Dampfer mit 130151 t im Ausland bestellt und 69 Schiffe mit 170556 t angekauft.¹⁾

Die erste Eisenbahn erhielt Japan in der am 14. Oktober 1872 eröffneten Staatsbahn von Tokio nach Yokohama. 1880 gab es erst 125 km Eisenbahnen. 1890 hatte Japan 2333 und 1903 7026 km Eisenbahnen, auf denen 1904 bereits 1502 Lokomotiven den Verkehr vermittelten. 1899 hatte Japan 1070, 1902 1290 Lokomotiven.

Auch China, der völkerreichste Staat der Erde, beginnt aus seiner jahrtausendlangen Abgeschlossenheit herauszutreten. Welche ungeheuren Umwälzungen sind zu erwarten, wenn die Dampfkraft auch diese weiten Gebiete dem Handel und der Industrie erschließt! Auch der Widerstand, den das Riesenreich bisher dem Eindringen der Maschine entgegengesetzt hat, konnte den Siegeslauf der Dampfmaschine nicht aufhalten. Zwar mußte die erste im Hafen von Shanghai angelegte kurze Eisenbahn wieder abgebrochen werden, aber nicht viel später (1880) bauten Engländer eine 11 km lange Eisenbahn bei Kaiping, um mit ihrer Hilfe die dortigen Kohlengruben auszubeuten. 1890 hatte China 200 km Eisenbahnen im Betrieb, 1903 bereits 1892, das sind allerdings erst 0,02 km auf 100 qkm oder 0,05 km auf 10000 Einwohner. Amerikanische und europäische Industrie arbeitet aber auf das eifrigste an der weiteren Erschließung Chinas durch Eisenbahnen, und eine Unzahl von Plänen über riesige Neubauten liegt vor.²⁾

Britisch-Ostindien, die reichste und mächtigste Kolonie Englands, steht in der Benutzung der Dampfkraft in Asien, wie nicht anders zu erwarten, heute noch obenan. Die Baumwollindustrie, als Kleinbetrieb hier seit alten Zeiten betrieben, wird immer mehr in riesige Maschinenbetriebe übergeführt. Große Dampfmaschinenanlagen fehlen in keinem bedeutenden Industrieplatze. Die Städte haben für ihre Wasserversorgung frühzeitig die Dampfkraft herangezogen.

¹⁾ s. Résumé statistique de l'empire du Japon, Tokio 1905, Cabinet imperial.

²⁾ s. Röhl, Encycl. d. Eisenb. u. Stat. Jahrbuch d. Deutschen Reiches 1905.

Die erste Eisenbahn des Landes von Bombay nach Tannah wurde am 18. November 1852 dem Verkehr übergeben, kurz darauf konnte auch die Strecke Kalkutta—Burdwan eröffnet werden. 1873 gab es bereits 9107 km Eisenbahnen, 1890 27000 und 1903 43372 km.

Eine riesige Eisenbahnstrecke von 9116 km durchzieht heute auch Sibirien und die Mandchurei. Kleinasien mit Syrien hatte 1903 3233, Niederländisch-Indien 2302, Siam 685 km Schienenweg. Auch Persien hat am 25. Juni 1888 seine erste Eisenbahn eröffnet, hat es aber bis heute erst auf 54 km gebracht.

Ganz Asien hatte 1890 33724 km Eisenbahnen — nur rund 1000 km mehr als 1903 Preußen allein besaß — 1903 konnte die Lokomotive auf 74546 km den Erdteil befahren. Das sind erst etwas mehr als Deutschland und Italien zusammen besitzen.

16. Afrika.

Auch Afrika, der Erdteil, der noch am wenigsten mit unserer Kultur in Berührung gekommen ist, hat heute schon in mannigfachster Weise mit der Dampfmaschine Bekanntschaft gemacht. Natürlich vornehmlich in den europäischen Einfluß unterworfenen Gebietsteilen, vor allem im englischen Südafrika, in Ägypten und im französischen Algier. Überall dringt auch hier mit der Dampfkraft europäisches Wirtschaftsleben in die Adern des riesigen Naturlandes ein. In Südafrika hat sich bereits eine ausgedehnte Industrie entwickelt. Die großen Bergbauanlagen Transvaals benutzen riesige Dampfkraftanlagen. Der Wert der Dampfmaschinen und Lokomotiven der Goldminen Transvaals wurde 1905 auf über 1,5 Mill. £ angegeben. In den Gewerbebetrieben Transvaals waren 1905 685 Dampfmaschinen tätig. Amerikanische und europäische Dampfmaschinen neuester Konstruktion unterstützen hier die schwarzen und gelben Arbeiterscharen.

In Ägypten, dem klassischen Boden uralter Landwirtschaft, hat die Dampfkraft in den 60er Jahren in Gestalt des Dampfpfluges Eingang gefunden. Den hervorragendsten Anteil an der Erschließung des schwarzen Erdteils aber hat auch hier wieder die Dampfmaschine als Schiffsmaschine und Lokomotive genommen.

Auf dem Nil fuhr der erste Dampfer, der „Kairo“, 1841. Der Kongo erhielt seinen ersten Dampfer 1881, 16 Jahre später belebten bereits 45 Dampfer den Fluß.¹⁾ Heute fahren auch auf den gewaltigen Seen Ostafrikas Dampfschiffe.

Noch wichtiger war besonders für das flußarme Südafrika die Eisenbahn und Lokomotive.

Die erste Eisenbahn Afrikas erhielt Ägypten. Auf englische Anregung und mit englischer Hilfe wurde anfangs der 50er Jahre die Bahn von

¹⁾ s. Schwarz-Flemming, Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbl. 1897, S. 304.

Alexandrien nach Kairo begonnen. 1854 konnte teilweise, 1856 auf der ganzen 206 km langen Strecke der Betrieb aufgenommen werden. 1865 hatte Ägypten 477 km, 1890 1547, 1903 4752 km Eisenbahnen.

Das größte Eisenbahnnetz hatte 1903 Britisch-Südafrika mit rund 10000 km Schienenweg. Die erste Eisenbahn Südafrikas von Kapstadt nach Wellington wurde 1862—1863 eröffnet.

Algier erhielt 1862 ebenfalls seine erste Eisenbahn, Tunis 1872, beide Länder zusammen besaßen 1903 4894 km Eisenbahnen. Das ganze Afrika hatte 1890 erst 9386 km, soviel wie heute etwa Bayern und Baden zusammen. 1903 hatte es sein Eisenbahnnetz fast verdreifacht und hat nun mit etwas über 25000 km immer noch rund 7000 km weniger als Preußen.¹⁾

17. Australien.

Der jüngste und kleinste Erdteil, Australien, schien sich anfangs zu einem reinen Agrikulturstaat zu entwickeln. Bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts waren nur gewerbliche Betriebe, die mit der landwirtschaftlichen Produktion in engem Zusammenhang standen, in größerem Umfange vorhanden. So gab es 1848 etwa 223 Getreidemühlen, von denen 87 durch Dampfkraft, 53 durch Wasser, 42 durch Wind und 38 durch Pferde betrieben wurden. Auch die Lederindustrie war damals schon ziemlich bedeutend.

Die eigentliche Industrieperiode begann für Australien 1851 mit den Goldfunden. Von 1851 bis 1858 erreichte das Goldfieber seinen Höhepunkt. Die Goldsucher bevölkerten das Land und brachten Industrie und Gewerbe. Auch die anderen Bodenschätze gewannen jetzt eine immer größere Bedeutung. Der Kohlenbergbau in Neu-Südwesten dehnte sich mächtig aus. 1858 wurden 0,1, 1872 0,6 und 1891 4 Mill. t, die Kohlenförderung von Newcastle eingeschlossen, gefördert. In Südaustralien entwickelte sich ein bedeutender Kupferbergbau.

Alle Kraftmaschinen zusammengefaßt, unterstützten 1900 bereits 120903 PS und 1903 159322 PS die gewerblichen Betriebe Australiens. Den Hauptanteil hieran hat wieder die Dampfmaschine. Wasserkraftmaschinen kommen in dem wasserarmen Lande wenig in Betracht.

Eine große Anzahl von PS dient heute auch in den elektrischen Zentralen der Städte. Von den 120903 PS im Jahre 1900 kamen 48113 allein auf Getreidemühlen usw., 18505 auf Holzbearbeitung und 15783 auf Metallbearbeitung.

Was die Verteilung der Maschinen-PS auf die einzelnen Landesgebiete anbelangt, so steht 1903 Neu-Südwesten mit 50353 an der Spitze, es folgt Viktoria mit 41091, Queensland mit 27047, Westaustralien mit 13065, Südaustralien mit 11756 und Tasmanien mit 7010 PS.

¹⁾ Angaben über Eisenbahngeschichte s. Röll, *Encycl. d. Eisenb.* Bd. 1.

Die Dampfschiffahrt auf den australischen Flüssen beginnt 1853.

Noch früher, 1846, fing man an, sich in Australien mit der Eisenbahn zu beschäftigen. 1848 bildete sich eine Gesellschaft zum Bau einer Eisenbahn von Sydney nach Parramatta und Liverpool. 1850 wurde mit dem Bau begonnen, der 1855 teilweise vollendet wurde. Ehe diese Bahn aber dem Verkehr übergeben wurde, war 1854 — als erste Eisenbahn Australiens — die $2\frac{1}{2}$ Meilen lange Strecke von Melbourne nach Port Melbourne eröffnet worden. Die herbeiströmenden Goldgräber hatten sie nötig gemacht.

1890 hatte Australien bereits 18889 km und 1903 26723 km Schienenwege, rund 1700 km mehr als Afrika.

Auch hier ist Industrie und Verkehr erst im Anfang der Entwicklung, auch hier eröffnet sich der Kulturarbeit der Dampfmaschine noch ein weites Gebiet.¹⁾

¹⁾ s. T. A. Coghlan, A statistical account of Australia and Neu Zealand, 1904.

Die sozialen Wirkungen der Dampfmaschine.

Der Einfluß der Dampfmaschine auf die sozialen Verschiebungen. — Leidenschaftlicher Haß der Massen. — Ausnutzung der menschlichen Arbeitskraft. — Die ersten Fabrikgesetze. — Die soziale Gesetzgebung. — Der Segen der Maschinen. — Kennzeichen des heutigen Zustandes. — Die Pflicht zur Arbeit.

Nur in großen allgemeinen Umrissen konnte auf den vorhergehenden Blättern gezeigt werden, wie die Dampfmaschine auf allen den mannigfachen Arbeitsgebieten des Menschen sich Eingang verschaffte, wie sie von Grund aus die Arbeitsbedingungen veränderte, wie unendlich sie die Arbeitsmöglichkeit des Menschen erweiterte. Von England aus eroberte sich die neue gewaltige Naturkraft die Welt, in ungezählten Ausführungen ersetzt und unterstützt heute die Dampfmaschine die menschliche Arbeitskraft auf allen Gebieten. Als Schiffmaschine und Lokomotive hat die Dampfkraft den modernen Verkehr geschaffen, der mit seinen Wirkungen in früher ungeahnter Weise die Menschen zur Menschheit zusammenschließen beginnt.

Eine Schöpfung wie die der Dampfmaschine, mit deren erstem Auftreten für Industrie und Gewerbe eine neue Zeit beginnt, mußte naturgemäß auch auf das soziale Leben der Menschen, auf ihr Denken und Empfinden maßgebenden Einfluß gewinnen.

Auch in der Geschichte der Dampfmaschine fehlen jene großen dramatischen Vorgänge nicht, jenes Stürmen und Drängen der menschlichen Leidenschaften, jenes Wogen von Haß und Liebe, das immer dann besonders hervortreten scheint, wenn neue Zeiten emporbrechen, wenn die Bahn des Weltgeschehens neue Richtungen einschlägt und die Menschen herausgerissen werden aus dem gewohnten Gleichklang des täglichen Lebens.

Mag es auf religiösem Gebiet eine Reformation, im staatlichen Entwicklungsgang eine Revolution, auf wirtschaftlichem Gebiet eine jener großen Erfindungen oder Entdeckungen sein, immer kündigt sich die Bedeutung des Ereignisses durch seine Begleiterscheinungen von Fürchten und Hoffen, von Hassen und Lieben, von Segnen und Fluchen.

Das Werden der Dampfmaschine, das unaufhaltsame Eindringen der dem Menschen unterworfenen gewaltigen Naturkraft, ist „ein bestimmendes Ereignis, das der Menschheit einen neuen Umschwung gibt, das die Farbe und Gestalt des Lebens verändert.“ Gewaltige Zuckungen des ganzen sozialen Lebens begleiten den Eintritt der Dampfmaschine in die Weltgeschichte.

Zuerst allerdings trat die Dampfmaschine auf als „Freund“ des Berg-

mannes, sie half erhalten, was ohne sie verloren gehen mußte, zuerst handelte es sich nur darum, den Besitzstand zu wahren, das Erworbene zu verteidigen. Aber bald begann der Angriff. Die Dampfkraft trat ihren Siegeszug an, sie drang ein in alle Gebiete, sie vernichtete alte Gewerbe oder gestaltete sie von Grund aus um, sie riß die Menschen hinweg von der Arbeit, die sie erlernt, die ihre Väter und Großväter ausgeübt hatten, und führte sie zu einer neuen, ihnen ungewohnten Tätigkeit. Die mühsam erworbene Arbeitsgeschicklichkeit, ihr einziges Kapital, wurde wertlos. Gewaltig waren die Arbeitsverschiebungen, von denen oft ganze Bevölkerungsklassen betroffen wurden. Aus dem eigenen Haus, aus dem Zusammenhang der Familie trieb die neue Maschine die Menschen in große Fabriken, sie zerriß die Fäden, die jahrhundertlang den Menschen mit seiner Arbeit verbunden hatten, und überließ es ihnen, neue zu knüpfen.

Jetzt beginnt der Kampf gegen die alten Hausgewerbe, gegen die Manufaktur, jetzt wachsen die gewaltigen Fabriken mit ihrer räumlich so stark konzentrierten Arbeitsleistung aus dem Boden empor — jetzt entsteht der Fabrikarbeiter und der Fabrikunternehmer.

Die Geschichte der englischen Baumwollindustrie zeigt diese gewaltigen Wirkungen der Dampfmaschine, die den zur gleichen Zeit erfundenen Arbeitsmaschinen erst Leben gab, in besonders scharfer Beleuchtung. Der Fabrikant war sehr oft am Anfang der Entwicklung aus dem Arbeiterstand hervorgegangen. Vor kurzem noch selbst der Bedrückte, wurde er oft zu einem besonders harten Bedrücker. Über jene ersten Unternehmer war die Sucht, schnell reich zu werden, gekommen. Die technischen großen Erfindungen hatten neue Schatzkammern der Erde erschlossen. Naturkraft, Rohstoff und menschliche Arbeit hießen die drei Elemente, aus deren Zusammenschmelzen die Ströme des Goldes flossen, das die Sinne umbelte, böse in gut verwandelte und den Eigennutz zur wahnwitzigen Höhe anwachsen ließ. Viele jener ersten Unternehmer, gerade der englischen Textilindustrie, erinnern nicht nur mit ihrer zähen Energie, mit ihrer kühnen Unternehmungslust, sondern auch durch ihre Hartherzigkeit an jene kühnen Eroberer der großen Goldländer jenseits des Meeres, an jene von dem Hunger nach Gold gepackten Konquistadoren, denen Menschenglück so viel leichter wog als Reichtum.

Soziale Verschiebungen von unerhörter Ausdehnung begannen sich bemerkbar zu machen.

Die Dampfmaschine, mit den von ihr betriebenen Arbeitsmaschinen, machte den Arbeitsvorgang immer mehr unabhängig von der physischen Kraft und der erlernten Handfertigkeit des Einzelnen. Der kräftige Mann, der regelrecht sein Handwerk erlernt hatte, wurde durch Frauen und kleine Kinder ersetzt, die von der Maschine zuerst in ungeheuren Scharen der großen Industrie zugeführt wurden. In England sollen schon 1788 nicht weniger als 59000 Frauen und 48000 Kinder in den Fabriken, losgelöst von ihrer Familie, gearbeitet haben. So hat die Dampfmaschine

auch gerade die Frauenarbeit in weitgehender Weise beeinflußt.¹⁾ Sie hat die proletarische Frauenfrage geschaffen, sie hat in großen Bevölkerungsschichten die Familienbande gelockert und der Frau neben dem Manne eine von ihm unabhängige Existenz geschaffen; sie hat nicht einzelne, sondern die große Masse des arbeitenden Volkes in Mitleidenschaft gezogen. Was Wunder, wenn zu einem so ungeheuren Gewalthaber, der alles zu zerstören schien, was dem Menschen lieb und wert war, auch glühender Haß der Unterdrückten emporloderte, der noch heute aus den unzähligen gedruckten Anklagen gegen das Maschinenwesen in wissenschaftlich gemäßigter Form zu uns herüberklingt.

„Malédiction sur les machines! chaque année leur puissance progressive voue au paupérisme des millions d'ouvriers, en leur enlevant le travail, avec le travail le salaire, et avec le salaire le pain. Malédiction sur les machines!“ Das war der Schrei der allgemeinen Vorurteile, den der berühmte französische Nationalökonom F. Bastiat noch vor einem halben Jahrhundert überall in Frankreich im Verkehr mit dem Volke, beim Lesen der Zeitungen heraushörte. „Mais maudire les machines“ fügt Bastiat hinzu, *c'est maudire l'esprit humain!*²⁾

Wie rücksichtslos schroff, wie ungeheuer hart und grausam, verschuldet durch menschliche Kurzsichtigkeit und Ungenügsamkeit, sich diese Übergänge von der alten zur neuen Wirtschaftsepoche in England, dem ersten Industrielande, vollzogen, dafür bieten die amtlichen Berichte und parlamentarischen Untersuchungen Beispiele, die heute unserer sozial empfindsamen Zeit kaum glaublich erscheinen.

Besonders empört die maßlose Überanstrengung der Kinder jedes menschliche Empfinden. Wie entsetzlich muß der Mißbrauch mit der Kinderarbeit gewesen sein, wenn bei einer 1837 vom Parlament eingeleiteten Untersuchung ein Arzt gefragt werden konnte, ob es den Kindern nachteilig sei, täglich 23 Stunden zu stehen; die Antwort war: „Er würde sich nicht getrauen, diese Frage ohne vorhergegangene Untersuchung der näheren Umstände zu beantworten.“ Und weiter gefragt, ob es einem Kinde nachteilig sein könnte, während des Essens fortwährend seine Arbeit zu verrichten: „Seiner Ansicht nach würde die Speise, wenn dabei gearbeitet würde, jedermann ebensogut ernähren, als wenn die körperliche Handhabung des Messers und der Gabel statt der Arbeit verrichtet würde.“³⁾

Das soziale Empfinden war noch wenig entwickelt. Das Machtgefühl des Einzelnen glaubte fast ein Recht zu haben, mit Menschenleben in

¹⁾ s. Braun, Die Frauenfrage. Leipzig 1901. Hier wird scharf der Zusammenhang zwischen Maschine und Frauenfrage nachgewiesen. In dem Kapitel über die Entwicklung der proletarischen Frauenarbeit im 19. Jahrhundert wird geradezu gesagt: „Wer die Geschichte der proletarischen Frauenarbeit im 19. Jahrhundert zu schreiben unternehmen wollte, müßte zugleich die Geschichte der Maschine schreiben.“

²⁾ s. Fr. Passy, Les machines et leur influence sur le développement de l'humanité. Paris 1866.

³⁾ s. F. W. Dieterici, Abh. d. Kgl. Akademie der Wissensch. Berlin 1855.

unerhörter Weise wirtschaften zu können. Ja, man rechnete es zum Teil sich noch als Verdienst an, „unmündige Kinder frühzeitig zu nützlicher Arbeit“ angeleitet zu haben. Ein interessantes Beispiel, das unmittelbar mit der Dampfmaschine zusammenhängt, gibt der österreichische Graf von Buquoy, der 1814 in der Beschreibung einer von ihm erbauten Dampfmaschine ausführte:

„Ich muß aber offenherzig gestehen, daß ich es nicht der Mühe, noch der (wenngleich geringen) Kosten wert hielt, eine Steuerung anzubringen, da es wohl keinen Gutsbesitzer noch Fabrikherrn gibt, der nicht mehrere arme Kinder, die sich ihr Brot zu verdienen noch zu schwach sind, aus Wohltätigkeit zu unterhalten gezwungen sieht; und da jede Dampfmaschine doch eines lebenden Wesens um sich bedarf, um bei vorkommenden Beschädigungen und dergleichen Hilfe zu schaffen. Ich glaube vielmehr, daß man auf Mittel sinnen sollte, unmündige Knaben und Mädchen schon frühzeitig zu zweckmäßiger Arbeit anzuhalten.“

Der Haß der Massen begann das soziale Empfinden aufzurütteln. Der Arbeiter gab alle Schuld dem Fabrikssystem. Er fühlte sehr wohl die Ursache aller der ungeheuren Umwälzungen; es war „der König Dampf“, der ihn aus dem alten, heiteren England entführt hatte.¹⁾ Die Dampfmaschine war die große Macht des Umsturzes, vor der alles, was lieb und wert ihm erschien, zugrunde ging. Gegen die Dampfmaschine richtete sich ihr Haß; deren eiserne Arme einmal zur Ruhe gebracht, bedeutete Stillstand auch aller anderen Maschinen. Es kam zu offenem Aufruhr. Maschinen und Fabriken wurden zerstört. Mit elementarer Gewalt brach sich der Haß der Unterdrückten Bahn.

Aber die Dampfmaschine war mächtiger als die Leidenschaft aufgeregter Massen, die noch nicht einzusehen vermochten, daß die Maschine wirklich jenseits von „Gut und Böse“ steht.

Was die Arbeiter zur Verzweiflung trieb und jeden Menschenfreund mit banger Sorge erfüllte, das war im Grunde nicht die Maschine, sondern die soziale Ungeschicklichkeit der Menschen, die dem Strom neuer Entwicklungsmöglichkeiten ratlos gegenüberstanden, ihn in die seichten Kanäle ihres althergebrachten Daseins zu leiten suchten und sich dann wunderten, wenn das große Neue nicht darin Platz fand, sondern Damm und Wälle durchbrach und das Land überflutete.

Nur allmählich fing man an, sich in die neuen Verhältnisse einzuleben. Die öffentliche Meinung sorgte dafür, daß durch Gesetze die schlimmsten Formen der Ausbeutung beseitigt wurden, und wenn die Gegner auch noch sehr „die heuchlerische Humanität, die gegenwärtig herrsche,“ beklagten, die ersten großen englischen Arbeiterschutzgesetze drangen durch, und England fand auch Männer, die dafür sorgten, daß das Gewollte nicht nur auf dem Papier blieb. Die Zeit, in der die ersten englischen Fabrikinspek-

¹⁾ s. Schulze-Gävernitz, Der Großbetrieb, Leipzig 1892.

toren arbeiteten, hat selbst Marx als das „Heldenzeitalter der englischen Fabrikinspektion“ anerkannt.¹⁾

Der Staat hat dann — und Deutschland ist hier allen anderen vorangegangen — seine sozialen Aufgaben im weitesten Umfange erkannt und in großartigem Maßstabe sich der wirtschaftlich Schwachen angenommen. Dadurch hat er auch seinerseits zum Ausgleich der Härten, die im Maschinenzeitalter entstanden waren, seinen Teil beigetragen.

Vor allem zeigte sich immer mehr der Segen der Maschine. Industrie und Gewerbe wuchsen zu vorher nie gekannter Höhe. Die Lebensbedürfnisse stiegen und verfeinerten sich, und die Maschinen boten die Mittel, sie zu befriedigen. Auch die Lage der Arbeiter verbesserte sich zusehends. Die Arbeitszeit wurde geringer, der Verdienst stieg. Die Sterblichkeit ging zurück. Der sich steigernde Verkehr mäßigte die Nachteile der großen Städte. Die Maschine entlastete den Menschen von der einförmigsten Arbeit.

Indem sie selbst immer verwickelter und wertvoller wird, beansprucht sie auch einsichtsvollere Behandlung. Der Arbeiter wird zur Aufsichtsperson, die für das Unternehmen um so wertvoller ist, je tieferes Verständnis sie den Arbeitsvorgängen entgegenbringt, die sie zu überwachen und zu leiten hat. So führt die Maschine zum technischen Unterricht, sie verbreitet technische und naturwissenschaftliche Kenntnisse über weite Bevölkerungsschichten. Eine möglichst breite technische Volksbildung ist dringend nötig für wirtschaftlichen Fortschritt.

Sir William Armstrong, einer der größten englischen Großindustriellen, spricht es aus: „Die Unkenntnis der breiten Masse der in der Industrie beschäftigten Personen auf dem Gebiete der Naturwissenschaft und Technik ist sowohl ein Hemmnis für den Fortschritt des Einzelnen wie ein Verlust für die Nation. Fast jeder Zweig der gelernten Arbeit könnte gefördert werden, wenn die in ihr Beschäftigten in den naturwissenschaftlichen Grundsätzen unterrichtet wären, die bei der Arbeit in Anwendung kommen.“²⁾

Für die Entwicklung der Technik hat Aufklärung in jeder Richtung den größten Wert. Sie fördert in vorher noch nicht gekanntem Umfange das wissenschaftliche Denken. Damit aber beginnt gerade die Technik wieder durch gemeinsame Interessen die zu vereinen, die der Unterschied des Besitzes für immer zu trennen schien. Die gemeinsamen geistigen Bestrebungen einigen die Menschen schließlich doch stärker, als die Begriffe von reich und arm sie zu trennen vermögen.

Die Wissenschaft, von der ein geistreicher Franzose einst sagte, man habe sie zuerst in Tempeln eingemauert, dann in Klöstern eingeschlossen und endlich in Akademien eingezwängt, sie ist im Zeitalter der Maschine immer mehr aus ihrer kastenartigen Absonderung hervorgetreten und hat die Menschen durch ihre idealen Ziele zu einigen gesucht.

¹⁾ s. Helmholtz, Weltgeschichte, Leipzig 1899, Bd. 7, S. 393.

²⁾ s. Schulze-Gävernitz, Der Großbetrieb, Leipzig 1892.

Die Technik hat das objektive Denken und Urteilen mächtig gefördert. Die stete Berührung mit der Wirklichkeit, die stete Kritik durch die Naturgesetze, der alle Schöpfungen der Technik unterworfen sind, schützt sie vor blindem Autoritätsglauben, setzt sie gegenüber anderen Wissensgebieten in Vorteil. Schon Lichtenberg bedauerte, „daß der Philosoph von seinen Republiken und der Reformator von seinen Reformationen keine Modelle machen kann, denn es gehört schon eine große Stärke im philosophischen Kalkül dazu, vorher zu sagen, daß sie nicht gehen werden.“

Dogmen, Glaubenssätze haben sich daher auf dem Gebiete der Technik nie lange halten können.

Die Technik hat die Kritik des Denkens und die Beurteilung auf Grund vorliegender Tatsachen begünstigt und damit das Persönlichkeitsgefühl des Einzelnen gefördert. So unterstützt die Technik die freiheitliche Bewegung. Sie reißt die Mauern ein, die die Menschen trennten. Sie einigt.

Die Menschen beginnen immer mehr in eine neue Gesellschaft hineinzuwachsen. Die neuen Generationen vergessen die Leiden der vorhergehenden und fangen an sich im neuen Hause einzurichten. Aus Handarbeitern wurden moderne Fabrikarbeiter, die zu einem neuen mächtigen Stand zusammen geschlossen, sich im heutigen Wirtschaftsleben eine maßgebende Stellung erobert haben. Die moderne Arbeiterbewegung, in jenen weiten Fabriksälen mitten zwischen den rastlos arbeitenden Maschinen entstanden, gehört zu den für alle Menschen sichtbarsten und machtvollsten Begleiterscheinungen des Maschinenzeitalters.

Organisation war das Zauberwort, das jene Arbeiterheere zu so großer Macht emporwachsen ließ, und Organisation ist das Kennwort, das heute mehr als je die Bestrebungen die einzelnen durch enges Aneinanderschließen zu großen mächtigen Gruppen zu vereinigen bezeichnet. Auch die Unternehmer suchen heute in großen Verbänden ihre Macht zu konzentrieren.

Das gesamte öffentliche Leben ringt nach neuen Formen. Schon sieht man deutlich, wie auch die freie Unternehmung, einst als die unübertroffene Weisheit einer ganzen Zeit gefeiert, langsam übergleitet in eine Zeit der gebundenen Unternehmung.¹⁾ Trusts, Kartelle, Genossenschaften reden eine deutliche Sprache. Die Technik unterstützt mächtig die Konzentrationsbestrebungen, sie drängt zu machtvollen wirtschaftlichen Gebilden. Die Dampfmaschine, die als Lokomotive den Partikularismus in Deutschland besiegte, indem sie ein Vaterland auf ein paar Eisenbahnstationen zusammenschumpfen ließ, sie geht auch über die Grenzen der einzelnen

¹⁾ In überaus interessanter Weise schildert K. Lamprecht diesen Entwicklungsgang in seiner Deutschen Geschichte, II. Ergänzungsband, Freiburg 1903. Unter der Überschrift „Wirtschaftsleben“ und „Soziale Entwicklung“ wird hier in großen Zügen die Entstehung des heutigen Maschinenzeitalters geschildert und auf höchst bemerkenswerte Entwicklungszusammenhänge hingewiesen. Hier ist wohl zum ersten Mal innerhalb der Geschichtswissenschaft auch die Technik mit ihrem Einfluß auf das Weltgeschehen zu ihrem Recht gekommen.

Länder hinaus. Die Dampfmaschine einigt die Völker. Die Technik führte nicht nur zu neuen eigenartigen Gruppierungen innerhalb der einzelnen Völker, sondern hat auch über die Landesgrenzen hinaus große gemeinsame Interessengebiete geschaffen. „So fördert über den ganzen Erdkreis sich der Menschen gemeinsames Werk.“

Und wir sind berufen, daran mitzuarbeiten, wir haben die Pflicht, die Aufgaben zu fördern, die auf uns gekommen sind. Die rastlose Maschine, die der Menscheng Geist ganzer Generationen von Jahrhundert zu Jahrhundert mehr befähigt hat, Arbeit zu leisten, predigt weiter uns die Pflicht, die Naturkräfte in immer größerem Umfange dem Dienst der Menschheit zu unterwerfen, damit der Einzelne, freier von körperlicher Arbeitsleistung, die Möglichkeit finde, sein persönliches Leben auszugestalten, um teilnehmen zu können an den höchsten Gütern der Kultur, die durch die unablässige Arbeit aller geschaffen, auch allen zur Nutznießung bestimmt sind.

Nicht eine Herrenkultur, nur für wenige auserwählte Menschen vorhanden, kann Zweck der menschlichen Arbeit sein, sondern immer weiterer Ausbau und Ausbreitung der Kultur auf alle Schichten, das ist das ideale Ziel und der Zweck der durch die Dampfmaschine so unendlich unterstützten menschlichen Arbeit.

„Zwecklose Kraft unbändiger Elemente!

Da wagt mein Geist, sich selbst zu überfliegen;

Hier möcht' ich kämpfen, dies möcht' ich besiegen.

Und es ist möglich!“—

Klingt nicht das große Goethewort den Männern, die der unbändigen Elemente zwecklose Kraft in der Dampfmaschine zu so ungeheurer Arbeitsleistung bezwungen haben, wie eine Prophezeiung weiterer Erfolge!

Zweiter Teil.

Die technische Entwicklung der Dampfmaschine.

A.

Die Entstehungsgeschichte der Dampfmaschine bis 1800.

I.

Vorläufer — Papin — Savery.

1. Anfänge der Dampfbenutzung.

Archimedes Dampfkanone. — Herons Drehkugel. — Die Aeolipylen. — Broncas Dampfrad. — Worcester. — Morland. — Salomon de Caus.

Bei allem, was groß und mächtig ist auf dieser Erde, sucht man nach Vorläufern, unwillkürlich durch das Empfinden geleitet, daß weltbewegende Ereignisse nicht plötzlich erscheinen, sondern langsam entstehen.

So fehlt es auch der Dampfmaschine nicht an langen Ahnenreihen, ja man hat es fertig gebracht, ihr Entstehen bis in das Dunkel vergangener Jahrtausende zurück zu verfolgen. Wer allerdings erkannt hat, wie unlösbar jede technische Erfindung mit ihrer wirtschaftlichen Anwendung verbunden ist, der wird kaum das Spielzeug müßiger Gelehrtenstunden mit dem Namen unserer machtvollsten Kraftmaschine belegen können. Immerhin wird es nicht uninteressant sein, jene Männer und ihre Erfindungen kurz zu betrachten, in die auch noch unsere Zeit die Erfindung der Dampfmaschine hineinzudeuten versucht hat.

Am weitesten zurück reicht der „Architronito“, eine Dampfkanone, die nach Leonardo da Vinci schon Archimedes (geb. 287 v. Chr.) erfunden hat; sie war „eine Maschine von feinem Kupfer, welche eiserne Kugeln mit großem Geräusch fortschleuderte.“ Demnach wäre die treibende Kraft des Dampfes ein Jahrtausend vor der des Pulvers im Geschützwesen versucht worden.¹⁾

¹⁾ s. Beck, Beiträge z. Gesch. d. Masch., Berlin 1899, S. 99 und 348.

Am ausführlichsten berichtet Heron der Ältere von Alexandria (120 v. Chr.) über die mechanischen Kunststücke seiner Zeit, bei denen zumeist erhitzte Luft oder Wasserdämpfe wirksam waren, um kluge Priester im Wundertun zu unterstützen oder Gelehrte durch ihre sinnreiche Bewegung zu unterhalten. Besonders bekannt unter diesen Vorrichtungen ist der Heronsball, die Drehkugel, der erste Vorläufer unserer Dampfturbine.

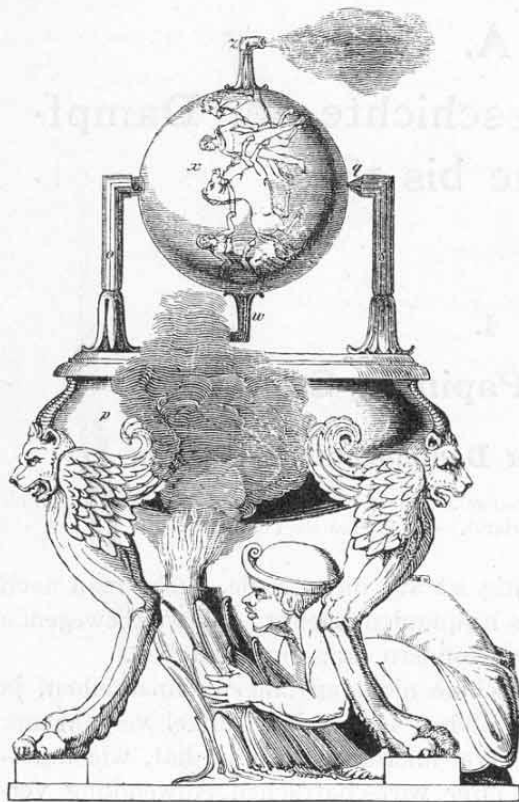


Fig. 37. Herons Drehkugel.

Alte geschichtliche Abhandlungen geben dieser Drehkugel zuweilen ein künstlerisches Gewand und bezeichnen sie wohl gar als alte griechische Dampfmaschine¹⁾ Fig. 37.

Die drehbar über dem Kessel angeordnete Kugel ist durch eine ihrer Stützen mit dem Dampferzeuger, dem breiten Becken, verbunden. Durch den Rückstoß des Dampfes, der aus den rechtwinklig umgebogenen Ansatzröhrchen entweicht, wird sie gedreht. Dampf ist für Heron „nichts anderes als ausgedehnte Flüssigkeit, die sich in Luft verwandelt hat, denn das Feuer löst alles Dichte auf und wandelt es um“. Diese Auffassung erhält sich das ganze Mittelalter hindurch bei allen Gelehrten, die in ihren geheimnisvollen Arbeitsräumen sich an dem Blasen der aus dem Altertum überkommenen Aeolipylen, der „Luftgefäße“, ergötzen und glaubten, „aus diesem

kleinen Schauspiele Kenntnis und Urteil über die großen, unermesslichen Naturgesetze erlangen zu können.“ Vor allem liebte man es, die Entstehung des Erdbebens sich so anschaulich zu machen und sah staunend, mit welcher Heftigkeit der Dampf schließlich aus den verschlossenen Öffnungen hervorbrach und Wasser, Kohle und Asche weit umherschleuderte.

Die Aeolipylen werden beschrieben als eiserne, hohle Gefäße mit möglichst enger Öffnung; oftmals waren sie der Gestalt eines blasenden Mannes nachgebildet. Um Wasser hineinzubekommen, benutzte man die Konden-

¹⁾ s. Stuart, History of the Steam Engine, London 1824. Das Original der Figur findet sich in der Sammlung der Werke alter Mathematiker, Paris 1693.

sation des Dampfes in der Weise, daß man die Öffnung der mit Dampf gefüllten Aeolipyle in ein Gefäß mit Wasser steckte, den Dampf kondensierte, worauf der äußere Luftdruck das Wasser in das luftverdünnte Innere des Gefäßes drückte. Gio-

vanni Branca, ein italienischer Gelehrter, ließ zuerst den ausströmenden Dampfstrahl einer Aeolipyle auf ein Schaufelrad wirken und suchte so die Dampfkraft bereits am Anfange des 17. Jahrhunderts praktischen Zwecken dienstbar zu machen.¹⁾ Fig. 38 zeigt die ursprüngliche Darstellung Brancas.

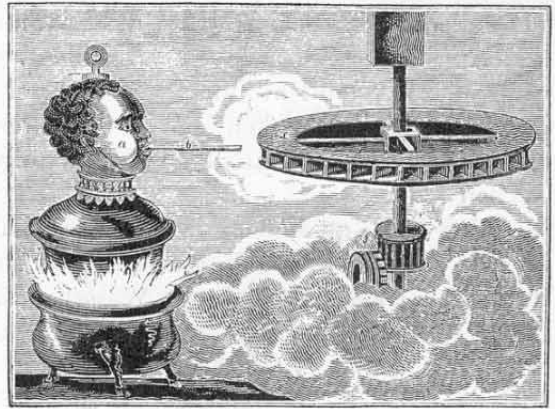


Fig. 38. Brancas Dampfrad 1629.

Der Gedanke, die Bewegung irgendeinem praktischen Zwecke nutzbar zu machen, lag nahe; besonders beliebt war es, den Bratspieß mit diesem Dampfrad anzutreiben; auch ein kleines Farbenstampfwerk von ihm aus zu bewegen wurde vorgeschlagen, und der gelehrte Jesuit Kirchner suchte 1642 die Leistung dadurch zu erhöhen, daß er zwei Dampfstrahlen auf ein Brancasches Dampfrad wirken ließ. Damit endete zunächst die Entwicklung der rotierenden Dampfmaschine und Dampfturbine; viele Jahrhunderte mußten vergehen, ehe es unserer Zeit gelang, auch diese Aufgabe der Lösung nahe zu bringen.

Ein anderer Weg zu dem gleichen Ziel, die Dampfkraft nutzbar zu machen, war der, mit dem Dampfdruck Wasser zu heben. So beschreibt Giambattista della Porta in seinem 1606 zu Neapel erschienenen Buche einen Versuch, den er durch Fig. 39 erläutert.

Eine Destillierblase D, der Kessel, mündet in einen Kasten, der teilweise vorher durch den Trichter A mit Wasser gefüllt ist. Der bei B einströmende Dampf wird, wenn A luftdicht verschlossen ist, das Wasser durch die Röhre C empordrücken. Besonders bemerkenswert ist,

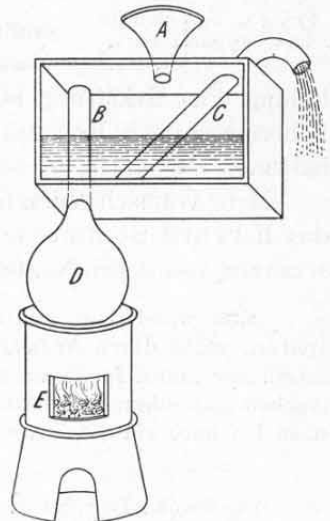


Fig. 39. Portas Apparat.

¹⁾ Branca veröffentlichte 1626 zu Rom seinen Apparat in seinem Werke: „Le Machine diverse del Signor Giovanni Branca.“ Die Figur ist auf Tafel XXV enthalten und von da in Stuarts „History of the Steam engine“ übernommen worden.

daß Porta mit diesem Apparat untersuchen will, in wieviel „Luft“ (Dampf) sich eine bestimmte Wassermenge auflöst. So wäre schon 1606 der erste Versuch zur quantitativen Bestimmung einer Verdampfung beschrieben worden.¹⁾

Während hier schon der Dampfkessel von dem Druckgefäß getrennt ist, finden wir bei dem Apparat des Salomon de Caus die Dampferzeugung und Anwendung in einem Gefäß vereint. Sein 1615 zu Frankfurt erschienenes Werk verspricht „die Ursachen der bewegenden Kraft bei verschiedenen ebenso nützlichen als interessanten Maschinen“ zu zeigen. Leider erfüllt der dürftige Inhalt die Erwartung nicht, die der stolze Titel erwecken muß.

Den Satz, „das Wasser wird durch Hilfe des Feuers in die Höhe getrieben“, will er mit der Vorrichtung Fig. 40 beweisen. Ein kupfernes, kugelförmiges Gefäß, zum Teil mit Wasser gefüllt, wird dem Feuer ausgesetzt: „Dann wird die Hitze, indem sie gegen die Kugel schlägt, das gesamte Wasser durch das Rohr B auf-treiben.“ Arago machte ihn auf Grund dieser Leistung gleich zum Erfinder der Dampfmaschine und ein, wie sich später herausstellte, gefälschter Brief schuf ihn auch noch zum Märtyrer seiner großen Erfindung, den Richelieu wegen der Tollheit seiner Idee ins Irrenhaus gesperrt habe. Neuere geschichtliche Forschung hat ihm die unverdiente Ehre genommen.²⁾

Am 21. Januar 1630 erhielt David Ramseye ein englisches Patent (Nr. 50) auf die Erfindung: „to raise water from lowe pittes by fire“. Da jede weitere Mitteilung oder Erklärung fehlt, so kann es nur als die erste Erwähnung einer Feuermaschine in England und als erstes Dampfmaschinenpatent ein Interesse haben.

Mehr von sich reden machte das englische Patent 131 vom 15. Nov. 1661, das Edward Sommerset Marquis of Worcester gleich 100 Erfindungen schützte, von denen Nr. 68 sich mit der Dampfmaschine befaßte; es lautet:³⁾

„Eine wunderbare und höchst kraftvolle Art, Wasser durch Feuer in die Höhe zu treiben, nicht durch Anziehen oder Ansaugen, denn das kann, wie die Philosophen sagen, nur „infra sphaeram activitatis“, d. h. nur auf eine gewisse Entfernung (Höhe) geschehen, sondern diese Art hat keine Grenzen, wenn die Gefäße stark genug sind; denn ich habe ein Stück von einer ganzen Kanone, deren Ende zersprungen war, ge-

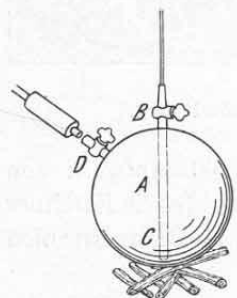


Fig. 40. Salomon de Caus Apparat 1615.

¹⁾ s. Beck, Beiträge z. Geschichte des Maschb., Berlin 1899, S. 264.

²⁾ s. Reuleaux, Kurzgef. Gesch. d. Dampfmaschine. Beck, Beiträge z. Gesch. d. Masch. S. 502, enthält auch eine Zusammenstellung der sehr dürftigen biographischen Angaben, die über Salomon de Caus sich in verschiedenen Schriften zerstreut finden. Um 1576 geboren, lebte er etwa bis 1612 in England, dann bis 1620 in Deutschland und dann in Frankreich (Paris).

³⁾ s. Beck, Beiträge S. 265.

nommen und zu drei Viertel mit Wasser gefüllt, und nachdem ich das zerbrochene Ende sowie das Zündloch verstopft und verschraubt und ein anhaltendes Feuer darunter gemacht hatte, barst es innerhalb 24 Stunden mit einem lauten Knall; so daß, nachdem ich ein Mittel gefunden hatte, meine Gefäße so zu machen, daß sie durch die Kraft darin verstärkt werden und sich eines nach dem andern füllt, ich das Wasser in einem andauernd 40 Fuß hohen Springbrunnenstrahle ausströmen sah. Ein Gefäß voll Wasser, das durch Feuer verdünnt wird, treibt 40 (Gefäße) kalten Wassers in die Höhe. Und ein Mann, der den Apparat bedient, hat nur zwei Hahnen zu drehen, damit, wenn ein Gefäß voll Wasser verbraucht ist, ein anderes zu drücken anfängt und es sich wieder mit kaltem Wasser füllt, und so abwechselnd, wobei das Feuer gewartet und gleichmäßig erhalten wird, was dieselbe Person gleichfalls in der Zwischenzeit zwischen den notwendigen Umdrehungen der genannten Hahnen besorgen kann.“

Die Kritik der Beschreibung, der jede bildliche Darstellung fehlt, führt zu der Vermutung, daß der in einem besonderen Gefäße erzeugte, hochgespannte Dampf in zwei abwechselnd wirksamen Behältern, denen des de Caus ähnlich, das Wasser emporgedrückt habe. Zwei Jahre später, 1663, veröffentlichte der Erfinder seine Schrift: „A Century of the Names and Scantlings of such Inventions as at present I can call to mind to have tried and perfected“, die außer der oben angeführten Patentbeschreibung noch eine Unmenge phantastischer Dinge enthält, die mehr der Phantasie als der nüchternen Urteilskraft des Marquis Ehre machen und deshalb eher geeignet sind, die Bedeutung seiner Dampfmaschine herabzudrücken. Mit dem Könige Karl II. schloß der Erfinder 1663 einen besonderen Vertrag ab, demzufolge ihm gegen Abgabe des Zehnten die Nutznießung seiner Erfindung auf 19 Jahre gewährleistet wurde; jeder, der ohne seine Erlaubnis die Maschine baute oder benutzte, sollte 5 £ für jede Betriebsstunde zahlen. In einer Werkstatt zu Vauxhall soll Worcester schon 1663 ein Modell gebaut haben, zu dessen Besichtigung er auch Karl II. einlud.¹⁾

Am 3. April 1667 starb in London der Marquis of Worcester, den englische Forscher früher mit Vorliebe als Erfinder der Dampfmaschine angesehen haben. Es hat aber auch in England nicht an bedeutsamen Stimmen gefehlt, die ihn mehr für einen prahlenden Reklamehelden, als für einen ernsthaften Forscher und Erfinder gehalten haben.

Neben Worcester wurde in England auch Samuel Morland unter die Erfinder der Dampfmaschine gezählt. Morland lebte zur Zeit Karls II. 1680 war er Leiter des Wasserwerkes. Er war bekannt durch seine mecha-

¹⁾ Erwähnenswert ist, daß der Marquis in Vauxhall eine große Maschine, „um London mit Wasser zu versorgen“, errichtet hat, die am 29. Mai 1669 vom Großherzog von Toskana, der bei Karl II. zu Besuch war, im Betriebe besichtigt wurde. Die Beschreibung des herzoglichen Sekretärs spricht von einer hydraulischen Maschine, bei der Wasser durch die Kraft nur eines Mannes 40 Fuß (12,2 m) hoch gehoben wird. Es ist zum mindesten merkwürdig, daß dieser Laienbericht von der so sinnfälligen Benutzung des Feuers zum Wasserheben nichts zu erzählen weiß. s. *Abstracts of Specif. rel. to the Steam Eng. London 1871, Vol. I., S. 18 u. 19.*

nisch-technische Begabung, die sich in zahlreichen Erfindungen, Konstruktionen und Versuchen ausdrückte. 1681 wurde er an den Hof Ludwigs XIV. gesandt, dort die Ausführung der bei St. Germain geplanten Wasserwerke zu leiten. Hier verfaßte er eine kleine Schrift in französischer Sprache: *Élévation des eaux par toute sorte de machines, réduite à la mesure, au poids et à la balance; présentée à Sa Majesté Très Chrétienne par le Chevalier Morland, Gentilhomme ordinaire de la chambre privée et maistre de de mechaniques du Roy de la Grande Bretagne, 1683.*¹⁾

Der wichtigste Satz über die Dampfmaschine, die er 1682 erfunden haben will, lautet: „Das durch die Kraft des Feuers verdampfte Wasser nimmt sogleich einen — etwa 2000mal — größeren Raum ein als vorher, und zu gewaltsam, um sich einsperren zu lassen, würde es eher eine Kanone sprengen; aber nach den Gesetzen der Statik regiert und von der Wissenschaft dem Gesetz von Maß, Druck und Gleichgewicht unterworfen, wird er — der Dampf — seine Last tragen, guten Pferden vergleichbar; so wird er den Menschen von großem Nutzen sein, besonders zum Wasserheben, gemäß der folgenden Tabelle, welche zeigt, wieviel Pfund von halb mit Wasser gefüllten Zylindern 1800mal in der Stunde 6 Zoll (152 mm) hochgehoben werden können; auch werden die verschiedenen Durchmesser und Höhen angegeben.“

Leider ist aus der Tabelle in keiner Weise zu entnehmen, wie die Anordnung und Benutzung der Zylinder gedacht ist. Die Durchmesser der Zylinder werden gleich der halben Höhe angegeben, die Abmessungen betragen 1 bis 6 Fuß (305 bis 1229 mm) Durchmesser und 2 bis 10 Fuß Höhe.

Nach den Tabellenwerten berechnet sich die Leistung einer Maschine von 608 Zylinderdurchmesser und 1219 mm Hub auf 1920 Fußpfund in der Minute, das sind 0,058 PS. Bei einer praktischen Ausführung dürfte die Leistungsfähigkeit seiner Maschine auch damals nicht befriedigt haben.

Bemerkenswert ist aber Morlands verhältnismäßig genaue Bestimmung des Unterschiedes der spezifischen Volumen von Dampf und Wasser.²⁾

¹⁾ Die sorgfältigst ausgeführte Handschrift wird in der Harleian Collection des britischen Museums aufbewahrt. Sie umfaßt, auf Pergament geschrieben, 38 Seiten, von denen 4 sich mit dem Dampf beschäftigen. Besonders bemerkenswert ist der durch Ledermanschetten abgedichtete Plungerkolben der von Morland 1683 erbauten Druckpumpe, durch den er das damals besonders schwierige innere Ausbohren des Pumpenkörpers vermied. Erfolgreich beschäftigte er sich auch mit einer ganzen Anzahl anderer technischer Aufgaben. Er erfand das Sprachrohr, baute Handfeuerspritzen und Ankerwinden; auch zwei Rechenmaschinen, die er 1662 beschrieb, rühren von ihm her. Hochbetagt, im Alter erblindet, starb er 1696 zu Hammersmith bei London. Er liegt in der Kirche von Fulham begraben.

²⁾ Bezeichnet man mit v_1 das Volumen von 1 kg des Dampfes in cbm, mit v_2 das Volumen von 1 kg Wasser in cbm, so bestimmt Morland die Differenz von $v_1 - v_2$ zu 2 bei 1 at, während seine Vorgänger und Zeitgenossen bis zu Watt gewöhnlich 1,4 bis 14 (Stuart S. 24) angeben. Watt nahm nach Robison zwischen 1,8 bis 1,9 an. Heute wird bei dem Druck von 1 kg/qcm absol. die Zahl 1,701 angegeben.

So mangelhaft auch die Maschine selbst gewesen sein mag, das Verdienst gebührt Morland jedenfalls, der erste gewesen zu sein, der mit Sorgfalt und einem verhältnismäßig großen Genauigkeitsgrad Verdampfungsversuche angestellt hat.

2. Die Erfindung der atmosphärischen Kolbenmaschine durch Papin.

Die Entdeckung des Luftdruckes — Atmosphärische Pulvermaschinen — Papins erste Arbeiten — Ersatz des Pulvers durch Wasserdampf — Anwendung.

So bemerkenswert auch die vorher besprochenen Apparate und Versuche, mit dem Auge unserer Zeit gesehen, für die Entwicklung sein mögen, den ersten wirklich entscheidenden Schritt, der als Anfang zur heutigen Kolbendampfmaschine angesehen werden kann, hat erst der in Deutschland lebende Franzose Denis Papin mit der Erfindung seiner atmosphärischen Kolben-Dampfmaschine getan.

An die Entdeckung des Luftdruckes und die durch das Geschützwesen bereits bekannten Eigenschaften der Pulvergase knüpft die Erfindung der ersten Wärme-Kraftmaschine unmittelbar an.

Ogleich die Alten schon Apparate aufzuweisen haben, deren Wirkung auf dem Luftdruck beruhte, so war die Kenntnis der Gelehrten von dem Luftdruck doch noch bis zum 17. Jahrhundert höchst mangelhaft. Noch zu Galileis Zeit erklärte man die Saugwirkung der Pumpen durch den mystischen Begriff des horror vacui, des Abscheus der Natur vor dem leeren Raume; und Galilei selbst soll noch sehr überrascht gewesen sein, daß eine mit sehr langem Saugrohr angelegte Pumpe das Wasser nicht durch Saugen bis zu der gewünschten Höhe fördern konnte. Er kam zuerst darauf, daß der horror vacui eine meßbare Kraft habe. Sein Schüler Torricelli verstand es bereits, die Größe des Vakuums durch eine Quecksilbersäule zu messen. Da schon Galilei vorher Versuche gemacht hatte, das Gewicht der Luft zu bestimmen, so vereinigte Torricelli diese beiden Gedanken und begann alle dem horror vacui zugeschriebenen Erscheinungen jetzt durch den Gewichtsdruck der Luftsäulen zu erklären.

1643 war der grundlegende Versuch gemacht worden; 1644 hatte bereits Pascal in Frankreich Kenntnis davon. Er wiederholte die Versuche und wies vor allem auf die vollständige Gleichartigkeit der durch Flüssigkeitsdruck und Luftdruck hervorgebrachten Erscheinungen hin.

Das größte Aufsehen weit über die Kreise der Zunftgelehrten erregten die Arbeiten des Magdeburger Bürgermeisters Otto von Guericke, besonders seit er die 1650 zuerst angestellten Versuche dem Reichstage zu Regensburg 1654 öffentlich vorgeführt hatte. Die große Bedeutung, die diesen Versuchen beigelegt wurde, zeigt am besten, welch vollständiger Wandel in den Anschauungen durch sie eintrat, welch großer Fortschritt

damit verbunden war. „Was konnte aber wunderbarer sein,“ schreibt Mach in seiner Mechanik,¹⁾ als die plötzliche Erkenntnis, daß ein Ding, welches wir nicht sehen, kaum fühlen, und fast gar nicht beachten, uns immer und überall umgiebt, alles durchdringt, daß es die wichtigste Bedingung des Lebens, Brennens und gewaltiger mechanischer Vorgänge ist. Vielleicht zum erstenmal bei dieser Gelegenheit wurde es durch einen großen Erfolg klar, daß die Naturwissenschaft nicht auf die Untersuchung des Handgreiflichen, grob Sinnfälligen beschränkt sei.“

Hatte Otto von Guericke es verstanden, in besonders anschaulicher Form die Größe des Luftdruckes durch originelle Versuche nachzuweisen, so ist es das Verdienst eines französischen Mechanikers Jean Hautefeuille, zuerst den Weg gezeigt zu haben, den Luftdruck in einer Kraftmaschine zu benutzen. In einer zu Paris 1678 erschienenen Schrift²⁾ beschreibt er drei verschiedene Konstruktionen einer Pulvermaschine. Bei der ersten haben die Pulvergase lediglich den Zweck, durch Verdrängen der Luft aus einem Gefäß einen luftverdünnten Raum zu erzeugen, in den der äußere Luftdruck Wasser hineindrücken soll. Bei der zweiten wirken die explodierten Gase unmittelbar auf das Wasser, und bei der dritten soll durch den Druck der Gase ein Kolben in Bewegung gesetzt werden. Hier dachte der Erfinder bereits an eine Kraftmaschine für gewerbliche Zwecke.

1682 schlug er vor, statt Schießpulver Alkohol in den Zylinder einzuführen, ihn abwechselnd zu verdampfen und niederzuschlagen, doch so, daß nichts von dem Stoff während des Vorganges entweichen oder sonst verloren gehen könne.³⁾

Von einer Ausführung ist nichts bekannt. Auch Huygens beschäftigte die Idee der Pulvermaschine. 1681 schlug er der Akademie der Wissenschaften in Paris vor, die Expansionskraft der Pulvergase in einer Kolbenmaschine nutzbar zu machen.⁴⁾

Als Assistent von Huygens hatte Denis Papin Gelegenheit, durch eigene Mitarbeit die bedeutsamen Versuche über den Luftdruck kennen zu lernen. Als Papin 1675 nach England übersiedelte, setzte er dort die Versuche eifrigst unter dem berühmten englischen Physiker Robert Boyle fort. Hier entwarf er auch die erste doppelwirkende Luftpumpe. 1687 folgte Papin einem Ruf des Landgrafen Carl von Hessen nach Marburg, wo er sich, angeregt durch den Wunsch nach einer Kraftmaschine zum Heben des Wassers, wieder mit der Pulvermaschine von Huygens beschäftigte. Obwohl er die Maschine wesentlich durch Anbringen einer

¹⁾ Dr. Ernst Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch und kritisch dargestellt, Leipzig 1883.

²⁾ Pendule perpétuelle avec la manière d'élever l'eau par le moyen de la poudre à canon, Paris 1678, S. 16. — Hautefeuille, 1647 zu Orleans geboren, studierte Theologie; vorwiegend beschäftigte er sich mit Mathematik und Physik.

³⁾ Réflexions sur quelques machines à élever des eaux, Paris 1682, p. 9.

⁴⁾ Mémoires de l'Académie des Sciences, p. 174, 1693.

Zündpfanne verbessert hatte, führten die Versuche doch nicht zu dem gewünschten Ergebnis; es gelang nur eine verhältnismäßig geringe Luftverdünnung zu erzielen, und die heftigen Explosionen erhöhten die Betriebsunsicherheit. Es war lebensgefährlich, die Maschine zu bedienen.

Die ganze Maschine, Fig. 41, bestand aus einem 130 mm weiten und 400 mm langen Rotgußzylinder, in welchem sich ein ringförmiger Ventilkolben auf und nieder bewegen konnte. Der Kolben hing an einem über Rollen geführten Tau, dessen anderes Ende ein Gewicht trug; im Boden des Zylinders war eine Zündpfanne angebracht, die ein mit Gewicht belasteter Hebel andrückte.¹⁾ Der Nutzeffekt der Pulvermaschine war sehr schlecht, etwa ein Fünftel der Luft blieb zurück, wodurch natürlich die Wirkung des Luft-

druckes sehr verringert wurde. Dies bewog ihn, an ein anderes Mittel zu denken, den luftverdünnten Raum zu erzeugen.

Den Vorschlag, mit Luftpumpen, die von einer der üblichen Kraftquellen angetrieben werden sollten, einen luftverdünnten Raum zu erzeugen, konnte Papin, dem es darauf ankam, eine neue Kraftquelle zu erschließen, natürlich nicht ernst nehmen.

Er selbst fand schließlich den erlö-

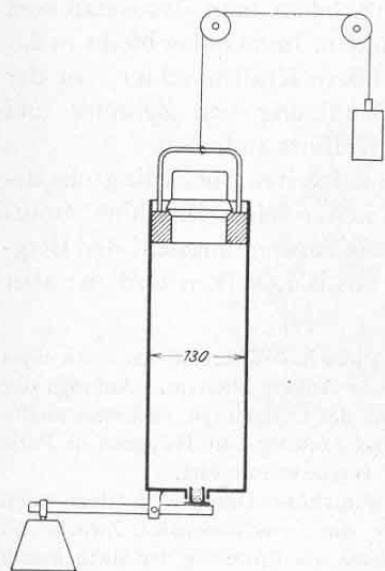


Fig. 41. Papins Pulvermaschine 1688.

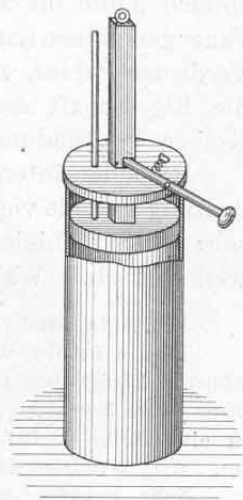


Fig. 42.

Papins atmosphärische Kolbenmaschine 1690.

senden Gedanken: „Da das Wasser die Eigenschaft hat, nachdem es durch Feuer in Dämpfe verwandelt worden, so elastisch wie Luft zu werden und nachher durch Abkühlen sich wieder so gut zu verdichten, daß es vollkommen aufhört, elastisch zu sein, so habe ich geglaubt, daß man leicht Maschinen machen könnte, in denen das Wasser mittels mäßiger Wärme und geringen Kosten die vollständige Leere hervorbringen würde, die man vergeblich mit dem Schießpulver zu erzielen versucht hat.“ Der Beschreibung dieser ersten Kolbenmaschine, die im Juni 1690 in den Acta Eruditorum erschien, war Fig. 42 beigelegt. Man füllte in den Zylinder etwas Wasser und drückte den Kolben bis zur Wasserschicht herab; die Luft konnte durch eine im Kolben und Zylinderdeckel

¹⁾ s. Acta Eruditorum 1688, S. 497.

angebrachte Öffnung entweichen, die man sodann durch eine Stange verschloß. Wurde das Wasser jetzt verdampft, so drückten die Dämpfe den Kolben nach oben, bis er in seiner höchsten Lage, durch das Einschnappen der Klinke in eine Nut der Kolbenstange, festgehalten wurde. Kondensierte man jetzt den Dampf und hob die Feststellung des Kolbens auf, so drückte der äußere Luftdruck den Kolben hinab. Der Zylinder der Versuchsmaschine war 63 mm weit; 27 kg konnten in einer Minute mit ihr gehoben werden. Papin berechnete, daß eine Maschine von etwa 610 mm Zylinderdurchmesser und 1200 mm Hub 3600 kg in einer Minute 1,2 m hoch heben würde, d. h. also etwa 1 PS leisten könnte.

Naturgemäß mußte die Leistungsfähigkeit, solange noch ein Gefäß gleichzeitig Kessel, Zylinder und Kondensator war und die Kondensation einfach durch die äußere Luft vor sich ging, nachdem man das Gefäß vom Feuer genommen hatte, noch sehr unvollkommen sein. Immer aber bleibt es das Verdienst Papins, zuerst eine praktisch brauchbare Kraftmaschine, bei der die Eigenschaft des Wasserdampfes unter Benutzung von Zylinder und Kolben Verwendung fand, beschrieben und ausgeführt zu haben.

Besonders interessant ist, daß der Erfinder auch weiten Blicks die große Bedeutung und die vielfachen Anwendungsmöglichkeiten seiner Maschine voraus sah; in erster Linie stand auch für ihn wieder als Anwendungsfeld der Bergwerksbetrieb.¹⁾ Wasser und Gesteine wollte er aus Bergwerken fördern; aber

¹⁾ s. Acta Eruditorum, 1690, S. 410.

Denis Papin wurde am 22. August 1647 zu Blois in Frankreich als Sohn eines höheren königlichen Beamten geboren. Er studierte in Angers Medizin. Anfangs der 70er Jahre beschäftigte sich Papin sehr eingehend mit der Luftpumpe, und zwar stellte er eine Reihe höchst bemerkenswerter Versuche unter Leitung von Huygens in Paris an. 1675 setzte er diese Versuche in London unter Boyle weiter fort.

Sehr bekannt wurden seine Versuche, hochgespannte Dämpfe in dem nach ihm als Papinschen Topf bezeichneten Digester für die verschiedensten Zwecke zu verwenden. 1688 wurde er vom Landgrafen von Hessen als Professor der Mathematik nach Marburg berufen. Eine außerordentlich arbeitsreiche Zeit brach hier für ihn an. In Marburg und später in Kassel ist der größte Teil seiner bedeutsamen Arbeiten, die sich auf die mannigfachsten Gebiete erstreckten, entstanden.

1707 begab sich Papin wieder, zum dritten Male, nach London voller Hoffnung, hier mit Hilfe der Königl. Akademie der Wissenschaften seine Arbeiten fördern zu können. Er sah sich getäuscht; es war ihm nicht beschieden, seine großen Ideen ins praktische Leben einzuführen. Die Technik war noch nicht weit genug fortgeschritten, um seinen Erfindungen die nötige praktische Gestalt zu geben.

1712 machte der Tod seinem an Arbeit reichen, an Erfolgen armen Leben ein Ende. Die unstreitig große Bedeutung Papins für die Geschichte der Dampfmaschine liegt vor allem in seiner atmosphärischen Kolbenmaschine. Die unüberwindlichen Ausführungsschwierigkeiten dieser Maschine, haben wohl allein ihn gehindert, die Konstruktion weiter zu verfolgen, und ihn gezwungen, auf gleichem Wege wie Savery die Dampfkraft zu benutzen. — Watt, der die Arbeiten seiner Vorgänge sorgfältig studiert hatte, bezeichnete Papin unter ihnen als „das größte Genie“.

Die wichtigste Quelle für Papins Arbeiten ist neben seinen eigenen Schriften: Gerland, Der Briefwechsel Leibnizens und Huygens mit Papin, nebst einer Biographie Papins, Berlin 1881.



Denis Papin

geb. 22. Aug. 1647, gest. 1712

Ein englischer Mechaniker Thomas Savery¹⁾, der aus eigener Anschauung die Notlage der Gruben kannte, und der aus Beruf und Neigung sich schon frühzeitig mit Aufgaben der Mechanik und des Maschinenbaues beschäftigt hatte, suchte jetzt die verlangte Kraftmaschine zu schaffen.

Am 25. Juli 1698 erhielt er ein Patent (Nr. 356) auf 14 Jahre für seine neue Feuermaschine.²⁾ Ein Jahr später (1699) wurde ihm der Schutz, da er nachweisen konnte, wie große Opfer an Geld, Zeit und Mühe er für seine Maschine bereits hatte aufwenden müssen, noch auf 21 Jahre, bis 1733, verlängert.

Aber auch Savery lernte die riesige Entfernung von der ersten Idee bis zur brauchbaren praktischen Ausführung kennen. Die Grubenbesitzer waren sehr mißtrauisch gegen alle Projekte einer neuen Kraftmaschine; denn immer wieder waren die Erfinder gekommen und hatten durch maßlose Versprechungen Geld zu den Versuchen mit ihrer neu erfundenen Maschine zu erhalten gewußt. Und immer wieder hatte sich die Hoffnung als trügerisch erwiesen. Es galt fast als Schande, ein Projektenmacher genannt zu werden. Savery mußte sich in den ersten Veröffentlichungen seiner Maschine ganz besonders dagegen verwahren, daß auf ihn die schlechte Beurteilung, die früher andere Erfinder erfahren hatten, übertragen wurde. Nicht mit prahlerischen Worten wolle er das Lob seiner Erfindung verkünden, sondern sich vielmehr darauf beschränken, an der Hand von Zeichnungen genaue Angaben über Konstruktion und Wirkungsweise zu machen. Jeder könne und solle dann selbst entscheiden, ob die neue Erfindung eines Versuches wert sei oder nicht; vollständig brach Savery mit der Geheimniskrämerei früherer Erfinder, er sah es vielmehr als seine erste Aufgabe an, die Öffentlichkeit auf das genaueste mit dem Wesen seiner Erfindung bekannt zu machen.

Eine kleine Versuchsmaschine hatte Savery schon, bevor er das Patent erhielt, dem König vorgeführt. 1699 erläuterte er vor der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften seine Maschine und zeigte sie den Gelehrten im Betrieb. Auch eine genaue Beschreibung mit Zeichnungen der Maschine gab er in diesem Jahre heraus und sandte sie allen denen zu, für die seine Maschine besondere Vorteile bot. 1702 faßte er den Inhalt dieser Druckschrift mit den Ergänzungen, durch die er die Einwürfe seiner Gegner zu

¹⁾ Thomas Savery wurde um das Jahr 1650 zu Shilston in Devonshire als Sohn angesehenen Eltern geboren. Er genoß eine sehr sorgfältige Erziehung und widmete sich später dem militärischen Ingenieurwesen. Am Ende des 17. Jahrhunderts begann er sich mit der Dampfmaschine zu beschäftigen. Er hat das Verdienst, zuerst die Dampfkraft in den praktischen Betrieb, wenn auch noch in sehr kleinem Umfange, eingeführt zu haben. Savery starb im Mai 1715 im Alter von etwa 65 Jahren.

²⁾ Das Patent lautet sehr allgemein und vielumfassend: „A new invention for raising of water and occasioning motion to all sorts of mill-work by the impellent force of fire; which will be of great use and advantage for drayning mines, serveing townes with water, and for the working of all sorts of mills where they have not the benefit of water nor constant windes.“



Thomas Savery

geb. um 1650, gest. Mai 1715

widerlegen suchte, in einer größeren Arbeit zusammen, die er unter dem Titel „Des Bergmanns Freund“ herausgab.¹⁾ Die Schrift widmete er dem König Wilhelm II., der Königl. Akademie und den Bergwerksunternehmern Englands.

Die Wirkungsweise der Saveryschen Maschine entspricht genau der unseres heutigen Pulsometers. Durch Kondensation des Dampfes wird in einem Behälter ein luftverdünnter Raum erzeugt. Der äußere Luftdruck füllt ihn mit Wasser, das in der zweiten Arbeitsperiode durch den Dampfdruck in die Steigröhre gepreßt wird. Die ersten Versuchsapparate bestanden aus einem Dampferzeuger und einem Dampfaufnehmer. Der Wunsch, ununterbrochen Wasser zu fördern, ließ Savery einen zweiten Dampfaufnehmer hinzufügen; beide Gefäße wirkten jetzt abwechselnd. Während in dem einen durch Niederschlagen des Dampfes die Luftleere erzeugt wurde, wirkte in dem anderen der Dampfdruck unmittelbar auf das Wasser. Fig. 44 zeigt in Saveryscher Darstellung die Maschine, sie läßt auch den Einbau in den Schacht eines Bergwerkes erkennen.

Hinter den beiden birnenförmig gestalteten Dampfaufnehmern liegt der Dampfkessel, der aus Kupfer nach Art der damaligen Braupfannen gefertigt ist. Neben ihm steht ein zweiter kleinerer Kessel, der vom Druckrohr aus durch besondere Rohrleitung mit Wasser gefüllt werden kann; er ist mit dem Hauptkessel durch eine Rohrleitung, in die eine Rückschlagklappe eingeschaltet ist, verbunden. Die ganze Vorrichtung dient zum Kesselspeisen. Der rechts stehende Kessel wird hierbei solange geheizt, bis der Dampfdruck genügt, das Wasser in den eigentlichen Dampfkessel zu drücken. An die beiden Dampfaufnehmer schließt sich die Saug- und Druckleitung an, mit je einer, also im ganzen mit vier sich nach oben hin öffnenden

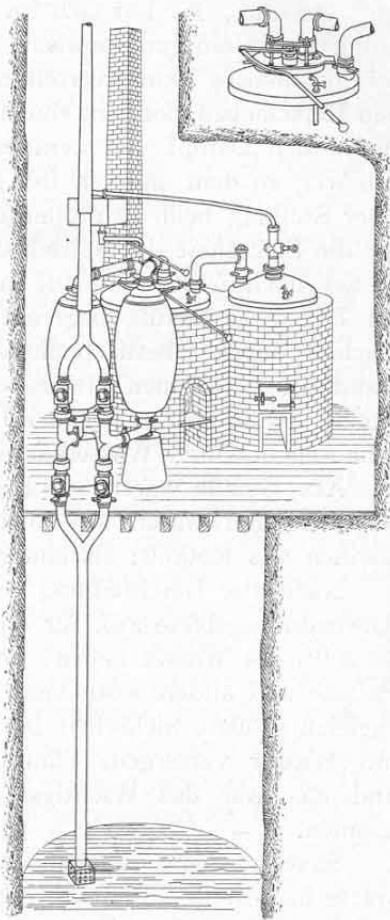


Fig. 44. Saverys Dampfmaschine.

¹⁾ The Miner's Friend; or an engine to raise Water by Fire described, and the Manner of fixing it in Mines, with an account of the several uses it is applicable to, and an answer to the objections against it. Printed at London, in 1702 by Thomas Savery, gentleman.

Rückschlagklappen; über ihnen angebrachte, durch Schrauben verschließbare Öffnungen machen sie bequem zugänglich. War bei den ersten Apparaten der Dampfzutritt zu jedem Aufnehmer noch durch einen besonderen Hahn verschließbar, so ist hier schon die Bedienung in der Weise vereinfacht, daß durch eine drehbare Platte die in den Kessel von oben einmündenden Dampfaustrittsröhren mit einem Handbegriff abwechselnd geöffnet und geschlossen werden können. Diese schwingende Platte, die in Fig. 44 mit dem oberen Kesselende gesondert dargestellt ist, wurde anfangs „Regulator“ genannt, sie hat sich im Dampfmaschinenbau über ein halbes Jahrhundert erhalten und war auch für die atmosphärische Maschine lange Zeit das gebräuchlichste Dampfverteilungsorgan. Man konnte hierbei durch Hin- und Herschieben der mit einem Handgriff versehenen Stange in einfachster Weise den Dampf von dem einen Gefäße absperren und gleichzeitig ihm den Weg zu dem anderen frei geben. Die Platte war nicht so breit, daß in einer Stellung beide Dampfleitungen verschlossen werden konnten; das war für die Sicherheit des Betriebes sehr wichtig, da das Sicherheitsventil beim Kessel noch fehlte und auf diese Weise der Dampfdruck durch die Höhe der Druckwassersäule begrenzt wurde. Das Niederschlagen des Dampfes geschah durch Oberflächenkondensation; man zog an einer zweiten mit Handgriff versehenen Stange ein drehbares Rohrende über den Behälter, öffnete damit gleichzeitig den Hahn, durch den aus einem neben dem Druckrohr angebrachten Wasserkasten das Kühlwasser ausströmen konnte.

Alle Gefäße waren aus Kupfer, ebenso die Rohrleitung. Die äußeren Rohrleitungen waren aus Blei, Rückschlagklappen, Klappengehäuse bestanden aus Rotguß; als einzige Kesselarmatur findet sich ein Probierhahn.

Nach der Beschreibung seiner Maschine zählte der Erfinder auch die Anwendungsgebiete auf, für die er seine Maschine besonders geeignet hielt. So sollte sie Wasser heben, um alle Arten von Mühlen zu treiben; ferner Paläste und andere vornehme Häuser mit Wasser versorgen und dadurch zugleich größere Sicherheit bei Feuersgefahr geben. Ferner sollte sie Städte mit Wasser versorgen, Sümpfe und Wiesen entwässern und schließlich, und das war das Wichtigste, die Wasserhaltung der Bergwerke übernehmen.

Savery scheint seine Maschinen unter eigener Aufsicht in eigener Werkstätte hergestellt zu haben, denn er erwähnt in einer Adresse an die Königl. Akademie besonders die großen Schwierigkeiten und Kosten, die ihm aus dem Heranbilden geschickter Arbeiter erwachsen wären. Seine erste Maschine soll er in einer Töpferei bei Lambeth betrieben haben, und obwohl sie nur klein gewesen wäre — berichtet sein Zeitgenosse Switzer — hätte sie doch sich „den Weg durch das Dach erzwungen und die Ziegel abgedeckt“. Kamen kleinere Wassermengen in Frage, wie es z. B. bei der Wasserversorgung der Landhäuser der Fall war, so baute Savery seine Maschine in der Form seiner ersten Versuchsapparate nur mit einem Kessel und mit einem Behälter; er verzichtete also auf die ununterbrochene Wasserlieferung,

hatte dafür eine wesentlich einfachere und billigere Maschine. Gewöhnlich kostete eine Maschine, die, in gehobenem Wasser ausgedrückt, etwa 1 PS leistete, ungefähr 1000 M.

Die Frage, ob Savery die Erfindung Worcesters, die nur sehr unklar beschrieben und durch keinerlei Zeichnung erläutert war, kannte, hat frühere Geschichtsschreiber mehrfach beschäftigt. Einige haben behauptet, er habe die noch vorhandenen Bücher Worcesters aufgekauft und vernichtet, um sich den Ruhm der Erfindung zu sichern. Aber wenn man auch die Kenntnis der vorhergegangenen Pläne annimmt, wird keiner, der weiß, wie weit der Weg von einer unklaren Idee bis zur brauchbaren praktischen Durchführung ist, Savery den Ruhm vorenthalten, die erste brauchbare Wasserhaltungsmaschine für das gewerbliche Leben geschaffen zu haben.

Freilich, „der Freund des Bergmannes“, der die Gruben aus aller Wassersnot befreit hätte, war auch Saverys Maschine noch nicht. In ihrer Wirkungsweise lag der Grund zum außerordentlich hohen Kohlenverbrauch, denn ein und derselbe Raum mußte hier abwechselnd erwärmt und abgekühlt werden, und der Dampf kam stetig in unmittelbare Berührung mit dem kalten Wasser. Dazu kam, daß die Festigkeitsverhältnisse der Maschine kaum gestatteten, den Druck auf über 3 at zu steigern. Man empfahl deshalb, alle 30 m im Schachte eine neue Pumpe aufzustellen, die das Wasser der über ihr angeordneten Pumpe zuheben sollte. Da auch der Rauminhalt der Gefäße im Verhältnis zu den Wassermengen, die im Grubenbetrieb zu fördern waren, sehr klein war,¹⁾ so mußten oft noch mehrere Maschinen nebeneinander angeordnet werden. Die Wasserhaltung einer mittleren Grube würde deshalb bereits eine große Zahl teils nebeneinander, teils übereinander angeordneter Maschinen erfordert haben, die, voneinander abhängig, die Bedienung außerordentlich erschwert hätten; auch die Anschaffung wäre viel zu teuer geworden. Saverys Maschine konnte daher nur, wenn es sich um geringe Wassermengen handelte, z. B. bei der Wasserversorgung von einzelnen Gebäuden, benutzt werden.

Bis 1710 hatte man für diese Zwecke schon einige errichtet. Die größte Maschine stand in den York Buildings Wasserwerken zu London.

Desaguliers berichtet, daß Savery bei dieser Maschine — seinem „great work“ — Dampfdrücke von 8 bis 10 at verwendet habe, dabei habe „die große Hitze das gewöhnliche Weichlot geschmolzen, und die Kraft sei so groß gewesen, daß sie alle Verbindungen der Maschine gelöst hätte,“ so daß er gezwungen war, alles hart zu löten.

Als zwingenden Grund, diese hohen Dampfdrücke anzuwenden, nennt Desaguliers die starke Innenkondensation bei der Berührung des Dampfes mit dem kalten Wasser. Erst wenn die obere Wasserschicht so stark erwärmt sei, daß die Kondensation des Dampfes aufhöre, beginne der Dampf-

¹⁾ Saverys größter Kessel hatte etwa 30 Zoll (762 mm) Durchmesser.

druck zu wirken. Je heißer der Dampf sei, um so schneller arbeite die Maschine.¹⁾

Savery soll auch bereits die Expansionswirkung des Dampfes gekannt haben. Jedenfalls empfahl er in seinen Betriebsvorschriften, den Dampfeintritt etwas früher abzuschließen, ehe der unter Druck befindliche Behälter ganz geleert sei. Er würde somit die Expansion des Dampfes benutzt haben, um den letzten Teil des Wassers aus dem Druckbehälter zu drücken.

Bemerkenswert ist ferner, daß Savery auch der erste gewesen ist, der als Maß der Arbeitsleistung den Ausdruck „Pferdestärke“ eingeführt hat. Da bis dahin eine gewisse Zahl von Pferden eine bestimmte Menge Wasser auf eine bestimmte Höhe gehoben hatte, so lag es nahe, beim Ersatz der Pferdekraft durch Dampfkraft ihre Größe nach der ersteren, von der man eine bestimmte Vorstellung bereits hatte, zu messen.²⁾

b) Papins Dampfmaschine.

Inzwischen hatte auch Papin seine Versuche mit der Dampfmaschine wieder aufgenommen; aber da er bei seiner atmosphärischen Kolbenmaschine es nicht fertig gebracht hatte, die Ausführungsschwierigkeiten, die besonders in der Herstellung von genau gearbeiteten Zylindern lagen, zu überwinden, so schlug er jetzt den gleichen Weg ein wie Savery, d. h. er benutzte den Dampfdruck unmittelbar zum Emporheben des Wassers.

Der Landgraf von Hessen gab die Anregung, die Dampfkraft von neuem zu benutzen, und zwar sollten mit ihr größere Wassermengen auf eine bestimmte Höhe gefördert werden. Die Aufgabe war also genau begrenzt; es handelte sich nicht mehr wie früher um eine allgemeine, dem gewerblichen Leben nutzbare Kraftmaschine, sondern nur um einen möglichst einfachen Apparat zum Wasserheben.

Da nun Papin mit der Wirkung hochgespannter Dämpfe durch die Arbeiten an seinem Digester, bei dem er schon 1680 80 bis 100 at verwandt haben soll, sehr vertraut war, so lag es nahe, jetzt auch den Dampfdruck unmittelbar in seinem neuen Apparat zu verwenden.

Papin brauchte zu seiner Maschine große, widerstandsfähige Gefäße; er wollte sie aus Schmiedeeisen herstellen. Dazu waren aber ganz besondere Einrichtungen erforderlich. Er hatte sich also zunächst mit der Konstruktion leistungsfähiger Öfen zu befassen. Während dieser Vorarbeit erhielt er

¹⁾ s. Desaguliers, Exper. Phil., 1744 vol. II., p. 760.

²⁾ Die betreffende Stelle in Saverys Druckschrift vom Jahre 1702, „The Miner's Friend“, heißt: „Water in its fall from any determinate height has simply a force answerable, and equal to the force which raises it; so that an engine which will raise as much water as two horses working together at one time in such a work can do, and for which there must be constantly kept ten or twelve horses for doing the same, then I say such an engine will do the work or labour of ten or twelve horses.“

aus London die Mitteilung, daß man auch dort Versuche angestellt habe, um Wasser durch die Kraft des Feuers zu heben. Die Versuche hätten jedoch nicht befriedigt. Das war die erste Mitteilung von Saverys Maschine, die Papin erhielt. Über Einrichtung und Betrieb erfuhr er nichts.

Die Arbeiten an seiner Dampfmaschine schritten unterdes stetig, wenn auch langsam vorwärts. Papin stellte Versuche an über die Leistungen, die mit einer bestimmten Menge Wasser bei einem gewissen Wärmegrad zu erreichen sind. Ferner untersuchte er, wie stark die dem Dampfdruck ausgesetzten Teile einer Dampfmaschine sein müßten, und stellte fest, daß diese Abmessungen bisher zu klein gewesen seien. Über die Einrichtung der Maschine selbst erfahren wir erst aus einem Brief vom 13. März 1704 etwas Näheres.

Die Maschine hat zwei Gefäße, die untereinander in Verbindung stehen; während das eine, mit Hilfe der Kondensation des Dampfes luftleer gemacht, durch den äußeren Luftdruck mit Wasser gefüllt wird, drückt der Dampf das Wasser des zweiten Gefäßes auf die verlangte Höhe. Das Spiel wiederholt sich abwechselnd. Der Ein- und Austritt des Dampfes wird durch Drehen eines Hahnes bewerkstelligt. Die Versuche mit der Maschine führten gelegentlich zu einer Explosion, die ziemlich Unheil anrichtete; das verleidete für die nächste Zeit dem Landgrafen von Hessen das Interesse an der Maschine.

Ein Anstoß von außen mußte erst wieder erfolgen, ehe der Fürst von neuem seine Aufmerksamkeit dem Gegenstande zuwandte. Diese Anregung gab Leibniz, indem er 1705 eine Zeichnung der Saveryschen Maschine an Papin sandte, die dieser sofort dem Landgrafen vorlegte. Es gelang ihm überzeugend nachzuweisen, daß diese englische Maschine im Prinzip mit der seinen genau übereinstimme. Dadurch wurde das Interesse des Landgrafen so gesteigert, daß Papin sofort den Auftrag erhielt, seine Maschine im großen auszuführen; sie sollte dereinst zum Betrieb einer Mühle Verwendung finden.

Am 23. März schrieb Papin hierüber an Leibniz:

„Ich kann es Ihnen versichern, je mehr ich vorwärts komme — mit der Maschine —, um so mehr sehe ich mich imstande, den Wert dieser Erfindung zu schätzen, die der Theorie nach die Kräfte der Menschen bis ins Unendliche steigern muß. Was aber die praktische Seite anbelangt, so glaube ich ohne Übertreibung behaupten zu können, daß mit Hilfe dieses Mittels ein einziger Mensch die Arbeit von sonst hundert verrichten wird. Allerdings gebe ich zu, daß Zeit dazu erforderlich sein wird, um es bis zu dieser Vollkommenheit zu bringen. Sie können überzeugt sein, daß ich alles tun werde, was in meinen Kräften steht, damit die Sache gut und zur Zufriedenheit vonstatten geht, obwohl man hier nur schwer einigermaßen brauchbare Arbeiter erhalten kann. Indessen hoffe ich, daß mit Gottes Hilfe die Geduld endlich über alle Schwierigkeiten triumphieren wird.“

Die neue Dampfmaschine, deren Konstruktion Papin 1707 in Form der Fig. 45 veröffentlichte,¹⁾ war eine direkt wirkende Dampfdruckpumpe ohne Kondensation. Sie bestand aus einem kupfernen Kessel von etwa 2 Zoll (51 mm) Durchmesser und 27 Zoll (686 mm) Höhe, der durch eine kurze Rohrleitung mit dem zylindrischen Arbeitsraum verbunden war.

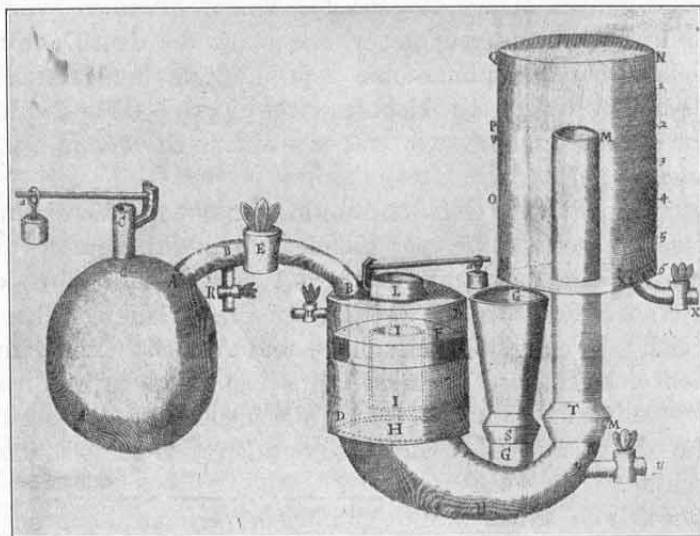


Fig. 45. Papins Dampfmaschine 1707.

(Aus D. Papin, *Ars nova etc.*, Cassel 1707.)

Von hier aus wurde das Wasser in ein geschlossenes Gefäß — einen Druckwindkessel — gedrückt, von dem es unter Benutzung der in dem Gefäß zusammengepreßten Luft weitergefördert wurde, oder, falls das nicht notwendig war, unmittelbar aus ihm entnommen werden konnte, um z. B., wie es spätere Figuren dieser Papinschen Maschine zeigen, zum Bewegen eines Wasserrades verwendet zu werden. Der Kessel war bereits mit einem hebelbelasteten Sicherheitsventil ausgerüstet, das Papin schon 1680 bei dem nach ihm benannten Papinschen Topf verwendet und es hier auch zur ungefähren Bestimmung des Dampfdruckes benutzt hatte. An den Arbeitszylinder schloß sich die Druckleitung an. Ein Druckwindkessel war neben der Pumpe eingebaut. Auf die Kondensation des Dampfes verzichtete Papin, das Wasser wurde also nicht wie bei der Saveryschen Maschine angesaugt, sondern mußte unter Druck zugeführt werden.

Sehr eigenartig ist ein an der Papinschen Maschine im Arbeitsraum des Dampfes angebrachter Schwimmer, der in der Mitte eine zylindrische Vertiefung besaß, in die zeitweise rotglühende Eisenstücke zum Erhitzen

¹⁾ D. Papin, *Ars nova ad aquam ignis adminiculo efficacissime elevendam* Cassel 1707.

des Dampfes eingebracht werden sollten. Hierzu war am Deckel des Zylinders eine nach Art der Sicherheitsventile verschließbare Öffnung angebracht. Nach Beendigung des Hubes konnte der Dampf durch einen oben am Zylinder angebrachten Hahn entweichen; die Maschine arbeitete also als Auspuffmaschine.

Papin hielt dies innere Heizen des Dampfzylinders für eine wesentliche Verbesserung seiner Maschine, „denn dadurch“, führt er aus, „erhalten die Dämpfe, welche mit Ungestüm gegen das Eisen stoßen, eine noch größere und heftigere Ausdehnung, wie in der Retorte *AA*, und dadurch braucht man ein gut Teil weniger, und sie üben doch eine kräftigere Wirkung aus, als wenn das glühende Eisen nicht da wäre.“ Jedenfalls konnte er auf diesem Wege die starke Innenkondensation des Dampfes wesentlich vermindern. Theoretisch war die Idee sehr interessant, praktisch war sie natürlich undurchführbar. Glühende Eisenstücke in kurzen Zeiträumen in den Dampfzylinder einführen, das ließ sich wohl bei einer Versuchsmaschine oder im Laboratorium, aber nicht bei einer Maschine, die wirtschaftliche Arbeit leisten sollte, durchführen. Auch Papins Verzicht auf die Kondensation war verursacht durch das Bestreben, den Dampf in der Maschine günstiger auszunützen. Papins Dampfzylinder konnte naturgemäß wärmer gehalten werden als Saverys Dampfbehälter, die abwechselnd sehr stark abgekühlt werden mußten, um den Dampf niederzuschlagen. Allerdings mußte auch Papin auf die großen Vorteile der Kondensation verzichten.¹⁾

Leibniz, dem Papin sehr ausführlich seine Ansichten und Pläne über die Maschine mitgeteilt hatte, sprach sich sehr günstig aus und gab ihm den Rat, mit dem Abdampf noch die Luft im Ausflußgefäße zu erwärmen, um so durch Ausdehnung der Luft die Leistung der Maschine zu erhöhen. Leibniz brachte damit als erster die Idee der Heißluftmaschine mit konstanten Volumen zum Ausdruck. Auch vergaß Leibniz nicht, darauf aufmerksam zu machen, daß es nicht schwer sein könne, einen Mechanismus zu konstruieren, der die Bewegung der Hähne von dem Gang der Maschine abhängig, die ganze Vorrichtung also selbsttätig mache.²⁾

Mit Ausdauer und Hingebung arbeitete Papin an seiner Maschine. Da geschickte Arbeiter nicht zur Verfügung waren, so mußte der Professor in eigener Person die Arbeiten in der Werkstatt ausführen. Um die Mitte des Jahres 1706 war endlich die Maschine fertig und konnte dem Landgrafen im Betriebe vorgeführt werden.

¹⁾ Ausführlich wird über diese Maschine berichtet in der Geschichte der physikalischen Experimentierkunst von Gerland und Traumüller, Leipzig 1899, wo auf Seite 235 auch eine Übersetzung von Papins Ausführungen über die Vorteile seiner Maschine gegenüber der Saveryschen gegeben wird. Über Papins direkt wirkende Dampfmaschine s. a. des Verfassers Aufsatz *Z. d. V. d. Ing.* 1905, S. 1681. Ferner Geschichte der Physik von Pogendorff, Leipzig 1879. Über Papins Arbeiten an der Dampfmaschine s. Gerland, *Z. d. V. d. Ing.* 1879, S. 230 bis 236.

²⁾ s. Gerland, Leibnizens und Huygens Briefw. mit Papin. Berlin 1881.

Das Steigrohr war von den Arbeitern durch Zusammenkitten kurzer Rohrstücke hergestellt worden; es vermochte den Wasserdruck nicht auszuhalten. Papin schreibt darüber am 19. August 1706 an Leibniz: „Als man nun zum Versuch kam, sah man, daß in der Tat das Wasser aus allen Verbindungsstellen heraustrat, und das geschah an der untersten in so starkem Strahl, daß Seine Hoheit sich bald dahin aussprach, dieser Versuch könne nicht gelingen. Aber ich bat ihn ganz untertänig, ein wenig zu warten, weil ich glaubte, daß die Maschine genug Wasser liefern würde, um es trotz der beträchtlichen Verluste in die Höhe zu bringen. Und wirklich, als die Versuche fortgesetzt wurden, sahen wir vier- oder fünfmal das Wasser bis zum Ende des Rohres steigen.“ Der Landgraf war mit der Maschine sehr zufrieden und befahl, ein neues Steigrohr aus Kupfer herzustellen. Das geschah, aber zu weiteren Versuchen kam es nicht, da das Interesse des Landgrafen sich inzwischen anderen Dingen zugewandt hatte. Damit war Papins Geduld und Ausdauer gebrochen. Zu irgend einem praktischen Erfolg brachte es auch diese Papinsche Dampfmaschine nicht.

c) Weitere Entwicklung der direkt wirkenden Dampfmaschinen.

Inzwischen war in der Newcomenschen atmosphärischen Kolbenmaschine eine für den Grubenbetrieb wesentlich geeignetere Kraftmaschine entstanden, die den direkt wirkenden Dampfmaschinen von Savery und Papin weit überlegen war. Trotzdem bot die Saverysche Maschine in ihrer einfachen Bauart und Behandlung, in ihren geringen Anschaffungskosten genügenden Vorteil, um die Erfinder immer von neuem zu wirklichen oder vermeintlichen Verbesserungen anzuregen.

Desaguliers und S'Gravesand hatten beobachtet, daß bei der Saveryschen Maschine durch die beständige Dampfnahme der Dampfdruck so weit fiel, daß immer längere Zeit verging, ehe man wieder im Kessel die nötige Spannung hatte. Da während dieser Wartezeit der Dampf in einem Behälter ständig mit dem Wasser in Berührung war, so mußten sehr starke Abkühlungsverluste die Folge sein. Desaguliers ging deshalb 1716 wieder zu der ersten Saveryschen Anordnung mit einem Dampfaufnehmer über, bei der dem Dampf während der Kondensationsperiode stets Zeit gelassen war, „sich im Kessel zu erholen.“ Wesentlich verbesserte Desaguliers Saverys Maschine durch Hinzufügen des Papinschen Sicherheitsventils und der Einspritzkondensation. Das Einspritzwasser wurde hierbei von oben her durch ein Brause in den langen, hier zylindrisch ausgeführten flaschenförmigen Aufnehmer möglichst gleichmäßig verteilt. Die Kondensation war hierbei natürlich wesentlich schneller und wirksamer als bei der sehr unvollkommenen ersten Oberflächenkondensation. Die Dampfverteilung geschah durch einen doppelt durchbohrten Hahn.

7 solcher Savery-Maschinen soll Desaguliers 1717 und 1718 erbaut haben, von denen die erste in den Gärten Peters des Großen bei Petersburg in

Betrieb kam. Der kugelförmige Kessel enthielt etwa 3 cbm, der Behälter 0,57 cbm, er wurde viermal gefüllt und geleert in einer Minute, die Saughöhe soll 8,8 m und die Druckhöhe 3,45 m betragen haben. Die Leistung in gehobenem Wasser würde sich auf 5,5 PS gestellt haben. Die Röhren waren alle aus Kupfer und weich gelötet. Eine andere Maschine dieser Größe stellte Desaguliers 1720 in England auf; bei ihr wurde das Sicherheitsventil auch als Dampfdruckmesser benutzt; sie diente einem Freund des Erbauers zum Betrieb eines Springbrunnens und wohl auch zum Bewässern seiner Äcker und Wiesen im trockenen Sommer; von ihr wird die erste Kesselexplosion, die in der Geschichte der Dampfmaschine verzeichnet ist, berichtet. 1745, 25 Jahre nach ihrer Erbauung, habe ein mit dem Betrieb der Maschine durchaus nicht vertrauter Wärter die Leistung der Maschine dadurch erhöhen wollen, daß er das Sicherheitsventil mit einem besonders schweren Stück Eisen belastete. Die Drucksteigerung führte zur Explosion, die umherfliegenden Stücke töteten den unvorsichtigen Maschinenwärter.¹⁾

Bei der weiteren Entwicklung der Savery-Maschine ging das Bestreben der Ingenieure vor allem dahin, die ungewollte Kondensation des Dampfes beim Eintritt in den Arbeitsraum möglichst zu vermindern und durch eine selbsttätige Steuerung sie von der steten Gegenwart des Maschinenwärters unabhängig zu machen.

Die Versuche Papins, durch einen auf der Wassersäule schwimmenden Kolben die Kondensation zu verringern, wurden wieder aufgenommen. Man machte den Schwimmer aus dünnem Kupferblech, bedeckte die beiden Flächen mit geöltem Holz und füllte ihn mit Korkmehl. Ferner suchte man die Anordnung so zu treffen, daß immer annähernd dieselbe Wassermenge mit dem Dampf in Berührung kam, oder man legte eine Luftschicht zwischen Wasser und Dampf, die bei jedem Arbeitshub aber zusammengedrückt werden mußte, wodurch Arbeitsverluste entstanden. Statt mit Luft versuchte man es auch mit Quecksilber oder Öl.

Aber damit hatte man nur teilweise die Aufgabe gelöst. Die Abkühlungsverluste an den Wänden blieben bestehen. Um diese zu vermindern, machte man wohl den Behälter aus Holz, faßartig, legte eiserne Bänder herum und schlug ihn inwendig mit dünnem Kupferblech aus, oder man umschloß einen aus dünnem Kupferblech hergestellten Behälter mit einem gußeisernen Mantel und füllte den Zwischenraum von 2 Zoll Weite mit Holzkohle aus.

Das Bestreben, auch diese kolbenlosen Dampfmaschinen selbsttätig zu machen, ließ sich am einfachsten in allen den Fällen erreichen, wo sie in Verbindung mit einem überschlächtigen Wasserrad, dem sie das Betriebswasser zuzuführen hatten, als Betriebsmaschinen arbeiteten. Man konnte hier leicht von der Wasserradwelle aus das Dampfverteilungs- und Einspritzorgan bewegen lassen.

¹⁾ s. Farey, Steam engine London 1827, S. 116.

Derartige Maschinen baute in den 70er Jahren des 18. Jahrhunderts, also zu einer Zeit, wo schon die vollkommenen Wattschen Maschinen in Gebrauch waren, Rigley in Manchester. Es waren dies die ersten Betriebsmaschinen der Baumwollspinnerei in Lancashire. Eine dieser Maschinen, die viele Jahre lang in Betrieb war, trieb die Drehbänke der Maschinenfabrik Kier in St. Pancras bei London. Die Einrichtung dieser Maschine zeigt Fig. 46.

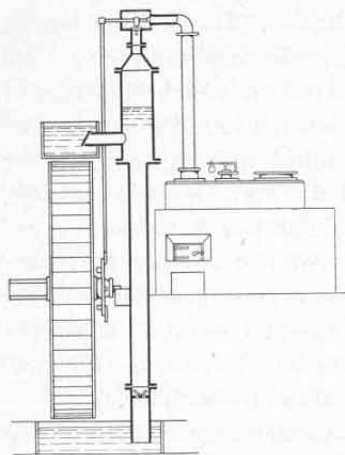


Fig. 46.

Dampfmaschine Saveryscher Bauart
mit Wasserrad um 1770.

(Aus Farey, Steam engine.)

Die Leistung, in gehobenem Wasser ausgedrückt, betrug etwa $2\frac{2}{3}$ PS.

Wesentlich schwieriger war es, eine selbsttätige Steuerung einzurichten, wenn eine Drehbewegung nicht vorhanden war. Man versuchte, drehbar aufgestellte Gefäße zu verwenden, die bei bestimmtem Wasserinhalt nach der einen oder anderen Seite kippten und damit zugleich die Steuerung bewegten. Oder man leitete die Bewegung von einem Schwimmer im Behälter ab, wobei die Abdichtung nach außen hin besondere Schwierigkeiten machte.

1819 führte Manoury in Paris eine selbsttätige Steuerung aus, bei der er die Wärmeausdehnung benutzte: eine eiserne Stange, von einer kupfernen Hülle umgeben, reichte in den Behälter hinein und war mit ihm verlötet. Die durch den einströmenden Dampf und die nachfolgende Kondensationsperiode abwechselnd erwärmte und wieder abgekühlte kupferne Röhre übertrug ihre Längenänderung unter Benutzung geeigneter Hebelanordnungen auf die Steuerung. Dieser „Pyrorégulateur“ war zwar sehr sinnreich, „aber von einer subtilen und langsamen Wirkung“.²⁾

Betriebsergebnisse, Angaben über die Betriebsleistung und den Kohlenverbrauch dieser ersten Maschine sind äußerst unsicher. Die ersten Anlagen werden wohl kaum über eine Leistung von 3000 bis 5000 mkg gehobenen Wassers für 1 kg Kohle hinausgekommen sein. Die ersten zuverlässigen Versuche hat Smeaton 1774 an einer Rigley-Maschine in Manchester an-

¹⁾ s. Farey, Steam engine S. 123.

²⁾ s. Severin, Abhandl. d. Königl. Techn. Deput., Berlin 1826, S. 17.

gestellt. Die eine leistete im gehobenen Wasser etwa 2, die andere rund 5 PS; als Leistung ergab sich für 1 kg Kohle 19049 mkg (5250000 Fußpfund mit 84 lbs. Kohlen). 1819 machten Prony, Gay-Lussac und Girard Versuche mit einer Maschine von Manoury; es soll sich dabei eine Leistung von 20151 mkg für 1 kg Kohlen ergeben haben.¹⁾

Interessant ist, daß die französischen Versuche sich gleichzeitig auch auf andere Maschinen, und zwar auf Kolbendampfmaschinen, damals neuester Konstruktion, darunter sogar auf eine Woolfsche Maschine, erstreckten. Die Leistungen dieser Maschinen blieben zum Teil sehr wesentlich hinter denen der Saveryschen Dampfpumpe zurück.²⁾ Das bewies allerdings weniger die Vorzüglichkeit der Dampfpumpe als die mangelhafte Ausführung der anderen Kolbenmaschinen, die etwa nur den fünften Teil von dem geleistet haben können, was in England damals schon im normalen Betrieb erreicht wurde.

Auch gute Versuchsergebnisse konnten eine weitere Ausbreitung der kolbenlosen Dampfpumpen, sobald die Kolbenmaschine brauchbare Formen angenommen hatte, nicht ermöglichen. Man sah auch damals schon immer mehr ein, daß das Anwendungsgebiet der Saveryschen Maschine eng begrenzt war, und empfahl schließlich ihre Anwendung nur da, wo, wie z. B. in Brauereien, chemischen Fabriken und in Badeanstalten, warmes Wasser erwünscht war, oder wo ihre Einfachheit und Billigkeit ihre Anwendung trotz des großen Kohlenverbrauches vorteilhaft erscheinen ließ.

II.

Die atmosphärische Maschine.

1. Newcomens Maschinen.

Erste Versuche und Ausführung. — Bauart und Wirkungsweise. — Beispiele ausgeführter Maschinen. — Die erste Maschine des Kontinents. — Polsunows Maschine in Sibirien.

Papin der Erfinder der atmosphärischen Kolbenmaschine war an den Ausführungsschwierigkeiten seiner Maschine gescheitert. Sein Vorschlag, für die Herstellung der Dampfzylinder eine besondere Fabrik einzurichten, hatte kein Verständnis gefunden.

Saverys Versuche in England, eine direkt wirkende Dampfdruckpumpe herzustellen, schienen zwar zu praktisch brauchbaren Ergebnissen zu führen,

¹⁾ Severin, Abh., S. 17.

²⁾ Die Woolfsche Maschine leistete 18564, die anderen Maschinen 7328 bis 15093 mkg für 1 kg Kohle.

soweit es sich um kleinere Wassermengen und geringe Tiefen handelte; eine Wärmekraftmaschine aber, die in stande gewesen wäre, der Notlage der Gruben abzuhelpen, hatten bisher die Erfinder nur versprochen.

Da war es ein Schmiedemeister und Eisenhändler, Thomas Newcomen aus Dartmouth in Devonshire, der den Gedanken Papins, mit Hilfe des Dampfes einen luftverdünnten Raum zu erzeugen, wieder ergriff. Newcomen kannte Saverys Maschine, er hatte sich selbst damit beschäftigt, sie einzuführen. Dabei wird er eingesehen haben, daß eine direkte Anwendung des Dampfdruckes in der Art der Saveryschen Pumpe für die Wasserhaltung großer Gruben nicht zum Ziele führte. Vermutlich waren ihm auch Papins Versuche, die in lateinischer, französischer und englischer Ausgabe erschienen waren, bekannt, jedenfalls machte ihn Dr. Hooke, dem er seine Erfindungsgedanken vortrug, mit der Papinschen atmosphärischen Maschine bekannt. Hooke soll ihm auch abgeraten haben, sich mit dieser Sache weiter zu befassen, da seiner Ansicht nach es nicht möglich sein würde, Zylinder und Röhren so luftdicht herzustellen, wie es ein praktischer Erfolg notwendig verlangen würde. Newcomen aber ließ sich nicht abschrecken und begann etwa 1705 seine Versuche. Wohl nur der geschäftlichen Seite wegen verband er sich mit einem Glasermeister aus seiner Vaterstadt, namens Cawley. Ein Patent scheint er nicht nachgesucht zu haben, wenigstens hat er keins erhalten, so mußte er sich mit Savery, dessen sehr weitgehendes Patent seine Erfindung mit einschloß, auseinandersetzen. Es wird auch erzählt, daß Newcomen gleichzeitig mit Savery, ohne von dessen Versuchen zu wissen, sich mit dem Problem der Dampfmaschine befaßt habe, daß aber Savery, der weltgewandte Mann, der sogar am Hofe des Königs verkehrte, dem einfachen Eisenhändler in der Patentnahme zuvorgekommen sei, so daß der andere froh sein mußte, wenigstens nicht an der Ausführung seiner Maschine gehindert zu werden.¹⁾

Von den ersten Versuchen Newcomens ist nichts bekannt. Erst 1711 wird von Vorschlägen berichtet, die Newcomen einer Steinkohlengrube zu Griff in Warwickshire gemacht habe. Auf dieser Grube wurden 500 Pferde mit einem jährlichen Kostenaufwand von 900 £ zur Wasserhaltung benutzt. So wünschenswert den Besitzern hier eine Abhilfe jedenfalls sein mußte, sie trauten der neuen Erfindung nicht und lehnten das Anerbieten ab. Einige Monate später gelang es aber Newcomen, durch persönliche Beziehungen in geschäftliche Verbindung mit einem Grubenbesitzer Back in Wolverhampton bei Dudley Castle zu kommen, der schließlich darauf einging, eine Feuermaschine zur Wasserhaltung aufzustellen. Besondere Schwierigkeiten machte auch hier wieder die Herstellung der einzelnen Teile. Vor allem scheint auch den Erfindern noch die Einrichtung der Pumpe und deren

¹⁾ Das bis 1733 noch verlängerte Dampfmaschinenpatent Saverys, in das Newcomens Patent mit eingeschlossen war, kam dann 1720, in dem berühmten Gründerjahr — bubble year —, in den Besitz einer Londoner Gesellschaft, die bereits den ausgesprochenen Zweck verfolgte, die Dampfkraft in die Industrie einzuführen.

Klappen und Ventile sehr unbekannt gewesen zu sein. Es traf sich deshalb glücklich, daß sie ihre erste Maschine in der Nähe von Birmingham bauten und ihnen so geschickte Mechaniker leicht erreichbar waren.

Fanden sich bei der Papinschen Konstruktion noch Kessel, Zylinder und Kondensator in einem Gefäß vereinigt, so war hier, wie bei der Saveryschen Maschine, der Kessel vom Dampfaufnehmer getrennt, der Kondensator aber noch mit dem Zylinder vereinigt. Von der Papinschen Erfindung ist der Kolben übernommen; die Kraft wird vom Kolben auf die Pumpe mit einem doppeltwirkenden Hebel, dem Balancier, übertragen; auch eine seit langem bekannte und bei vielen Maschinen benutzte Anordnung. So stellt sich die ganze Maschine als ein Aneinanderreihen bekannter Teile dar, wodurch aber der Ruhm Newcomens, diese Teile zu einer praktisch wirksamen Maschine vereinigt zu haben, in keiner Weise geschmälert wird.

Die Anordnung der Maschine und ihre Wirkungsweise ergibt sich aus Fig. 47.¹⁾ Über den kugelförmigen Kessel erhebt sich unmittelbar der Zylinder, der mit breitem Flansch in der ersten Balkenlage des Gebäudes hängt. Der Zylinder ist von einem Mantel umschlossen, dem von einem höher aufgestellten Behälter das Kühlwasser zufießt. Der Abfluß des Kühlwassers und des Kondenswassers aus dem Zylinder mündet in einen unter der Maschinensohle aufgestellten Behälter. Der Kolben wird durch eine über ihm stehende Wasserschicht, die von dem oberen Kühlwasserbehälter aus ergänzt wird, gedichtet. Der Kessel zeigt einen Proberhahn und ein Sicherheitsventil. Bedient wird die Maschine von Hand durch Öffnen und Schließen des Dampf- und Kühlwasserhahnes.

Durch das Übergewicht des Pumpengestänges, das gegebenenfalls noch durch besondere Gewichte zu vergrößern ist, wird der Kolben nach aufwärts gezogen. Gleichzeitig wird der Dampfahh geöffnet, und der gegen den Kolben von unten einströmende Dampf unterstützt die Aufwärtsbewegung. Kurz bevor der Kolben seine höchste Lage erreicht hat, wird

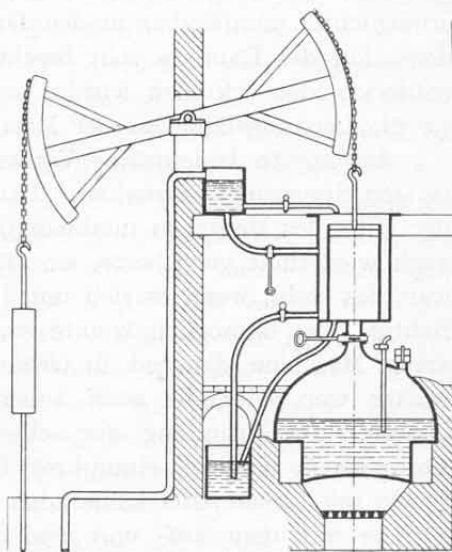


Fig. 47. Newcomen-Maschine 1712.
(Nach Stuart, History of the Steam Engine, London 1824.)

¹⁾ Die ganze Maschinenanlage ist auf einem höchst interessanten Druckblatt aus dem Jahre 1719 dargestellt, bei der die Maschine aber bereits die nach 1712 eingeführte Verbesserung zeigt. s. Proc. Inst. Mech. Eng. 1883, Taf. 87, u. 1903, Taf. 16, u. Engineer 28. Nov. 1879.

der Dampfahn geschlossen und der Kühlwasserhahn geöffnet, der Dampf kondensiert, der äußere Luftdruck erhält das Übergewicht und drückt den Kolben abwärts, wodurch das Pumpengestänge nach aufwärts gezogen wird.

Die Steuerung der Maschine war also in bequemer Weise durch abwechselndes Öffnen und Schließen zweier Hähne zu erreichen. Die erste wesentliche Verbesserung an dieser Maschine war der Ersatz der sehr unvollkommenen Oberflächenkondensation durch Einspritzkondensation. Es wird erzählt, daß ein Zufall bei dem Betrieb dieser ersten Maschine diese Verbesserung veranlaßt habe.

Die Maschine soll plötzlich einige Hübe schneller gemacht haben als gewöhnlich; als Grund ergab sich ein Loch im Kolben, das dem Wasser ermöglichte, unmittelbar in den Dampfraum zu gelangen, wo es die Kondensation des Dampfes sehr beschleunigte. Ob die Einspritzkondensation entdeckt oder erfunden wurde, sei dahingestellt, jedenfalls wurde durch sie die Leistungsfähigkeit der Maschine sehr vergrößert.

Als zweite bedeutsame Verbesserung ist die Einführung der selbsttätigen Steuerung anzusehen. Der Wunsch, den Gang der Maschine von der Hilfe des Menschen unabhängig zu machen, lag nahe; denn wenn man auch wiederholt versicherte, ein „Knabe“ könne die Maschine bedienen, so war dies wohl, wenn es sich um die dazu nötige Kraftäußerung handelte, richtig, aber unmöglich konnte ein Knabe allein eine so vollkommen neuartige Maschine dauernd in Ordnung halten. Ein besonderer Maschinenwärter war jedenfalls noch außer dem Steuerungsjungen nicht zu entbehren. Die Erfindung der selbsttätigen Steuerung wird in sagenhafter Form einem Knaben, Humphrey Potter, zugeschrieben, der, um Zeit zum Spiele mit seinen Alterskameraden zu finden, die Hebel seiner Hähne durch Stricke mit dem auf- und niedergehenden Balancier derartig verbunden habe, daß die Maschine seine Arbeit mit verrichtete, er selbst entbehrlich wurde. Irgend ein Beleg für die Richtigkeit dieser später entstandenen Erzählung kann nicht aufgebracht werden, und für den, der die Sache näher betrachtet, ist die praktische Ausführung der ersten selbsttätigen Steuerung auch nicht einfach genug, um sie der Überlegung eines Knaben zuschreiben zu können. Tatsache ist jedenfalls, daß schon bei den ersten Maschinen Newcomens Einrichtungen vorhanden waren, wodurch eine selbsttätige Steuerung angestrebt wurde. Der Hebel des Einspritzhahnes wurde durch Stricke mit dem Balancier verbunden und dadurch die Schlußbewegung des Hahnes bewerkstelligt. Eine Klinke, die einen mit Überfallgewicht belasteten Hebel in der Schlußstellung festhielt, war eingeschaltet, sie wurde durch Anstoß eines Schwimmers,¹⁾ der in einem mit dem Wasserraum des Kessels in Verbindung stehenden Rohre auf und nieder sich bewegen

¹⁾ Der englische Fachausdruck für diesen Schwimmer war Buoy (Boje), s. H. Davy, *The Newcomen Engine*, Proc. Inst. Mech. Eng. 1903. Eine äußerst wertvolle und ausführliche Arbeit über die Geschichte der atmosphärischen Maschine.

konnte, ausgelöst. Bei entsprechend starkem Dampfdruck stieg der Schwimmer, hob die Klinke, das Gewicht wirkte auf den Einspritzhebel und öffnete ihn. Diese Vorrichtung wurde dann später durch den Katarakt ersetzt. Auch ein mit dem Balancier auf- und niedergehender Steuerbaum scheint frühzeitig Verwendung gefunden zu haben.

Jedenfalls hat Henry Beighton das Verdienst, 1718 diese verschiedenen Ansätze zu einer selbsttätigen, praktisch brauchbaren Steuerung ausgebildet zu haben. Bei dieser Beighton-Steuerung wurde das Dampfeintritts- und Einspritzorgan von einem am Balancier hängenden auf- und niedergehenden Steuerbaum bewegt. An diesem angebrachte vorspringende Zapfen drückten auf die Steuerhebel, brachten Überfallgewichte zum Überkippen, wodurch ein kräftiges, schnelles Öffnen bezw. Schließen erreicht wurde.

Die Betriebserfahrungen führten bald zu einer Anzahl weiterer Verbesserungen; so wurde das hebelbelastete Sicherheitsventil statt des zuerst einfach auf eine Öffnung gelegten Bleiklotzes eingeführt. Ferner wurde am unteren Ende des Zylinders ein mit Rückschlagklappe versehenes kurzes Ansatzrohr angeordnet, das der Luft den Austritt aus dem Zylinder gestattete. Über dem Ventil erhob sich gewöhnlich ein topfartiger Ansatz, der, mit Wasser gefüllt, den Eintritt der Luft verhindern sollte. Dem eigentümlich schnarchenden Geräusch beim Austritt der Luft verdankte es den Namen Blubber- oder Schnüffelventil. Das Abflußrohr für Kondens- und Einspritzwasser wurde bei den ersten Maschinen so tief abwärtsgeführt, daß der äußere Luftdruck das Wasser nicht mehr in den Zylinder zurückdrücken konnte. Später wurde eine kurze, mit Rückschlagklappe versehene Abflußröhre angewendet und der Warmwasserbehälter in der Nähe des Zylinders angeordnet.

Da eine Hubbegrenzung in dem Arbeitsgang der Maschine nicht ohne weiteres gegeben war und das „Aufsetzen“ oder „Durchschlagen“ der Maschine bei den ersten Ausführungen sich sehr unangenehm bemerkbar machte, so kam man dazu, die Enden des Balanciers innerhalb seiner Hublänge mit Stricken an dem Gebäude festzubinden. Die Gewalt, mit der diese Stricke bei zu langen Hüben beansprucht wurden, wird gezeigt haben, wie ungenügend diese Einrichtung war. Die Stricke wurden deshalb bald durch federnde Holzbalken ersetzt, auf die am Balancier angebrachte Vorsprünge aufschlagen mußten, sobald der normale Hub überschritten wurde.

Wesentliche, wenn auch nicht so in die Augen fallende Verbesserungen erstreckten sich auf die Herstellung der Einzelteile, auf Instandhaltung und Bedienung der Maschine. So kam schon frühzeitig Newcomens Maschine zu einer normalen Ausführungsform, die ihrer allgemeinen Anordnung nach als Balanciermaschine gekennzeichnet, weit über ein Jahrhundert für alle ortsfesten Dampfmaschinen kennzeichnend blieb. Auch die Art der Steuerung blieb in ihren Grundzügen bis weit in das vorige Jahrhundert unverändert.

Eine sehr interessante Darstellung nebst ausführlicher Beschreibung einer dieser ersten Newcomen-Maschinen hat man kürzlich im Britischen Museum in London aufgefunden.¹⁾

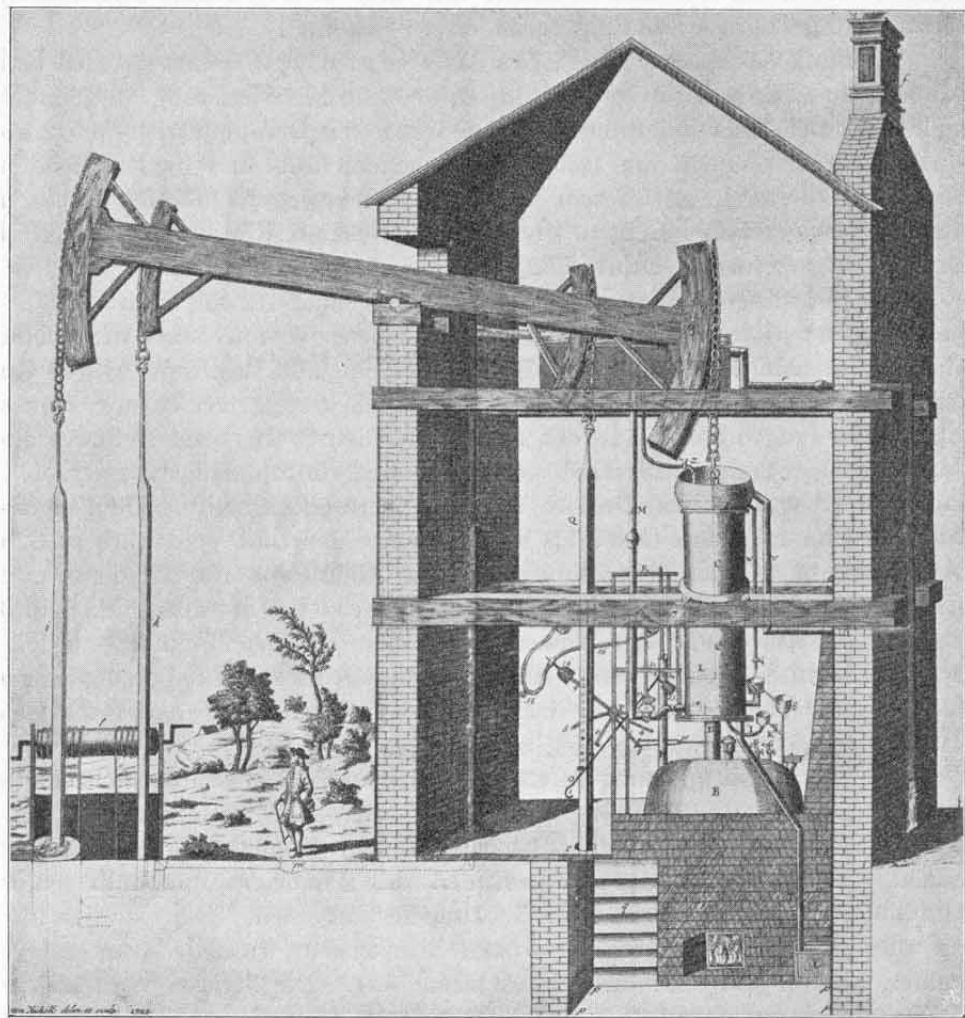


Fig. 48. Atmosphärische Maschine um 1725.
(Druckblatt im Besitze des Britischen Museums 1726.)

Das Druckblatt, das die Zeichnung Fig. 48 enthält, stammt aus dem Jahr 1726. Über dem Kessel ist der aus Bronze gefertigte Zylinder in der Balkenlage des Gebäudes aufgehängt. Ein kurzes Rohrstück verbindet Kessel und Zylinder. Eine um einen seitlich angebrachten Zapfen drehbare ebene Platte dient als Dampfab-schlußorgan, sie wird als „Regulator“

¹⁾ s. Engineer, 11. Aug. 1905.

bezeichnet und ist von der Savery-Maschine auf die atmosphärische Maschine übertragen worden.

Die Steuerung geschieht durch den neben dem Zylinder auf- und niedergehenden Steuerbaum, von dem aus die Steuerhebel bewegt werden.

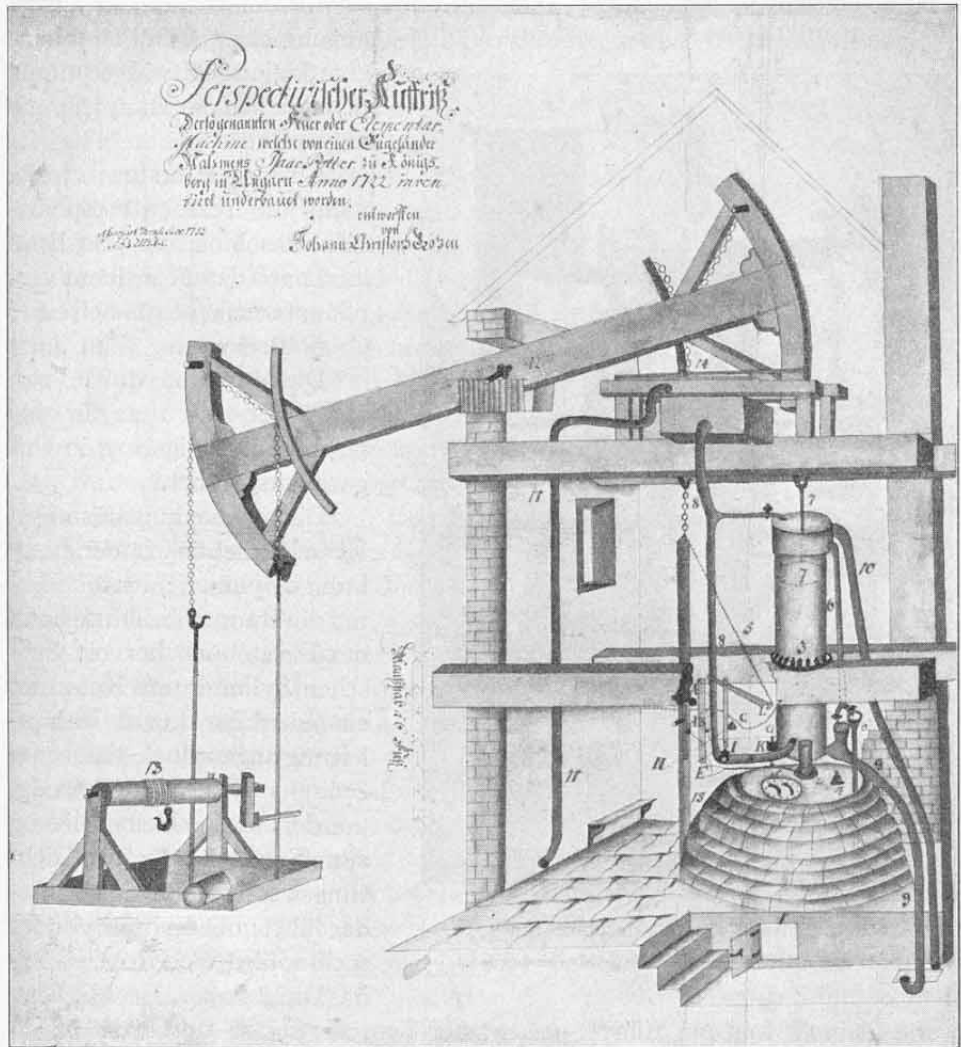


Fig. 49. Atmosphärische Maschine von Potter 1722.

(Originalzeichnung aus dem Jahre 1753.)

Der vorher erwähnte, in einem Standrohr des Kessels angebrachte Schwimmer findet sich noch bei dieser Maschine. Das Schwimmerrohr — Buoy-pipe genannt — ist mit H bezeichnet; der Schwimmer beeinflusst das Öffnen des Einspritzhahnes, durch ihn wird also der Abwärtshub des Kolbens eingeleitet. Gegenüber Newcomens ersten Maschine zu Dudley

Castle aus dem Jahr 1712 weist diese etwa 10 Jahre spätere Ausführung schon einige Veränderungen auf. Zum Kesselspeisen wird bereits ein Teil des warmen Wassers unmittelbar vom Zylinderboden oder vom Warmwasserbehälter entnommen. Betrug die Hubzahl der ersten Maschine etwa 10 bis 12 in der Minute, so soll man hier schon 12 bis 16 und manchmal sogar 20 Hübe erreicht haben. Anstatt eines sind hier zwei Probierhähne am Kessel

angebracht. Eine unabhängige kleine Kaltwasserpumpe (k) ist neben der Hauptpumpe angeordnet.

Eine der ersten, wenn nicht die erste atmosphärische Maschine, die von England nach dem Kontinent verpflanzt wurde, zeigt nach einer Originalzeichnung Fig. 49.¹⁾

Die Maschine wurde von Isaac Potter 1722 für eine Grube zu Königsberg in Ungarn ausgeführt.

Über einem kugelförmigen Kessel erhebt sich der langhubige Zylinder; deutlich treten die Hauptrohrleitungen in der Darstellung hervor. Zwischen Zylinder und Kessel ist eine denkbar kurze Dampfleitung angeordnet, links vom Zylinder die Einspritzleitung, von der aus eine kleine Leitung zum Ersatz des Kolben Dichtungswasser über den Zylinder führt; oben vom Zylinder rechts führt eine Rohrleitung das Dichtungswasser ab. Eine

zweite kleinere Leitung führt Speisewasser dem Kessel zu und hält das in der Abflußleitung angeordnete Schnüffelventil unter Wasser. Die Abflußleitung tritt rechts aus dem Zylinder aus. Die Figur läßt auch deutlich die Hubbegrenzung der Maschine durch federnde Holzbalken, unter denen hier der Kühlwasserbehälter aufgestellt ist, erkennen.

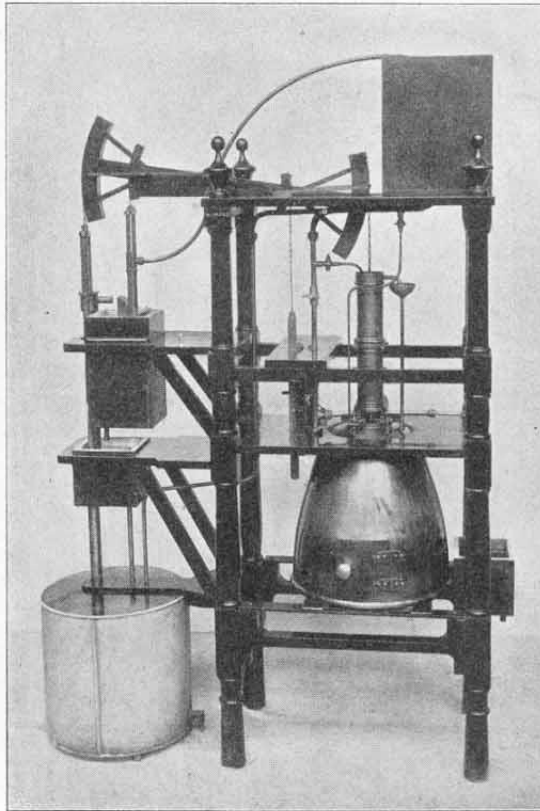


Fig. 50. Modell einer atm. Maschine um 1750.
(Victoria and Albert Museum, South-Kensington-London.)

¹⁾ Die Zeichnung ist im Besitz von Prof. Roch in Freiberg. Eine genaue ausführliche Beschreibung der Maschine nebst Zeichnungen liefert Leupold in *Theatrum machinarum* vol. II, 1727. s. ferner auch des Verfassers Aufsatz, Die ersten Dampfmaschinen Englands, *Z. d. V. d. Ing.* 1905.

Nach Leupold hatte der Kessel 7 Fuß im Durchmesser. Der 8 Fuß hohe, 32 „oder gar“ 36 Zoll weite Zylinder sollte an die 30 Zentner wiegen. Der Kolbenhub wird zu 7 Fuß angegeben. Die Maschine scheint allen Anforderungen entsprochen und das Bergwerk vor äußerster Wassersnot errettet zu haben. Der englische Kunstmeister Potter habe sich — berichtet Leupold — durch diese Maschine, „die billig von allen zu admiriren sei“, das Zeugnis „eines hochverständigen und klugen Mechanici“ erworben.

Ein gutes Bild von der Wirkungsweise gibt auch das in Fig. 50 abgebildete Modell einer Newcomen-Maschine aus dem Kensington-Museum, das einer kleinen, wahrscheinlich von Desaguliers um 1740 angefertigten Versuchsmaschine¹⁾ genau nachgebildet ist. Der Kessel hat einen Durchmesser von 8,75 Zoll (222 mm), der 2,25 Zoll (57 mm) weite Zylinder hat 7,75 Zoll (197 mm) Hub. Auch diese Maschine zeigt die übliche Ausführungsform der Newcomen-Maschine, wie sie bis etwa 1760 in den Gruben Englands und in einigen wenigen Exemplaren auch auf dem Festland zu finden war.

Die bisher besprochenen atmosphärischen Maschinen zeigen in der allgemeinen Anordnung und Ausführung große Übereinstimmung. Eine hiervon ganz abweichende Bauart entstand merkwürdigerweise in Sibirien.

Fig. 51 stellt diese höchst bemerkenswerte atmosphärische Maschine des russischen Schichtmeisters Joh. J. Polsunow dar. Die Maschine war nicht für die Wasserhaltung einer Grube bestimmt, sondern sollte zum Antrieb der Gebläse dienen. Es dürfte die erste Gebläsemaschine sein, bei der Dampfkraft benutzt worden ist. Im April 1763 hat Polsunow seine Vorgesetzten zuerst durch Zeichnungen und Kostenanschläge mit seiner Erfindung bekannt gemacht. Der Kessel mit kugelförmiger Haube war aus Kupferblechen, die miteinander durch Vernieten und nachheriges Verlöten verbunden waren, angefertigt. Bei 0,5 cbm Wasser war 0,95 cbm Dampfraum vorhanden. Die Heizfläche betrug etwa 2,1 qm. Die Kesselarmatur bestand aus zwei Proberhähnen und einem Sicherheitsventil. Statt eines

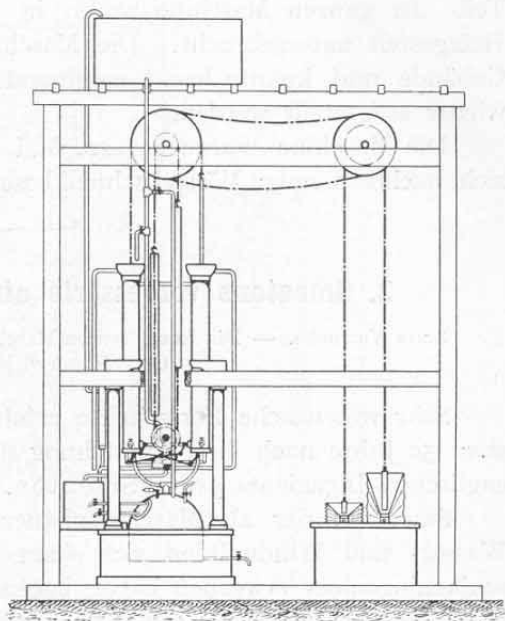


Fig. 51. Atmosphärische Maschine von Polsunow 1763 bis 1766.

¹⁾ Jetzt im Museum des King's College, London.

waren hier zwei Zylinder nebeneinander über dem Kessel angeordnet, von denen jeder 220 mm Durchmesser hatte. Der Hub betrug 1,8 m. Die Enden der Kolbenstange hingen an Ketten über einem Rade, von dem aus ebenfalls mit Ketten die Kraft auf ein zweites Rad und von hier aus auf die Blasebälge übertragen wurde. Die Zylinder waren aus Rotguß, breite an den Enden und in der Mitte um sie gelegte Ringe erhöhten ihre Festigkeit. Die Steuerung war selbsttätig und unterschied sich wesentlich von der sonst üblichen Anordnung. Die Bewegung der Steuerungsorgane geschah hier von einer kurzen Steuerwelle aus, die von dem über dem Zylinder liegenden Hauptrade durch Ketten angetrieben wurde. Sämtliche Teile der ganzen Maschine waren in einem fast drei Stockwerke hohen Holzgestell untergebracht. Die Maschine war also unabhängig von dem Gebäude und konnte leicht auseinandergenommen und an anderer Stelle wieder aufgestellt werden.

Die Maschine wurde am 20. Mai 1766 in Betrieb genommen und soll sich, nachdem einige Mängel schnell beseitigt waren, sehr gut bewährt haben.¹⁾

2. Smeatons verbesserte atmosphärische Maschine.

Erste Versuche. — Die Long-Benton-Maschine. — Die größte atm. Maschine. — Ortsveränderliche Maschine.

Sehr wesentliche Fortschritte erfuhr die atmosphärische Maschine erst etwa 50 Jahre nach ihrer Entstehung durch das Eingreifen des berühmten englischen Ingenieurs John Smeaton.

Smeaton, der als Maschinenbauer bereits durch Verbesserungen der Wasser- und Windmühlen sich einen überall geachteten Namen als Maschineningenieur erworben hatte, begann sich 1767 zuerst mit den Feuermaschinen zu befassen. Die Art und Weise, wie er seine Aufgabe anfaßte und löste, verriet den großen Ingenieur: zuerst eingehendes Studium der vorhandenen Anlagen auf Grund zahlreicher und genauer Versuche, dann Kritik dieser Ergebnisse und schließlich das Aufsuchen der Mittel, die Abhilfe versprochen. Die hauptsächlichsten Mängel der Maschine bestanden in schlecht gebohrten Zylindern, die nicht dicht zu halten waren, in zu kleinen Kesseln, die nicht genügend Dampf zu liefern imstande waren, und in den Abmessungen der Einzelteile, die in keinem Verhältnis zur Kraftleistung der Maschine standen. Auf die wärmetechnische Leistung wirkten die riesigen schädlichen Räume der Zylinder neben den in der

¹⁾ s. Klobukow z. Gesch. d. Dampfmaschine. Atmosphärische Maschine von Joh. Polsunow, Prometheus 1892, und Engineer 1897, Bd. II, S. 275. Ferner Bull. de la Soc. ing. civil., Juli 1897. Über atm. Maschinen machen u. a. noch wertvolle Angaben: Desaguliers, Exp. Philoph., 1744, Switzer, Hydrostatics, 1720, und W. Emerson, The Principles of Mechanics, 1758, worin eine sehr klare Beschreibung der atm. Maschine enthalten ist.

Arbeitsweise der atmosphärischen Maschine begründeten großen Abkühlungsverlusten sehr nachteilig.

Ohne an der Wirkungsweise oder der allgemeinen Anordnung und Konstruktion der Maschine wesentliche grundlegende Änderungen vorzunehmen, gelang es Smeaton, die Newcomen-Maschine durch die richtige Wahl der Abmessungen und sorgfältigste Ausführung aller Einzelteile sehr erheblich zu verbessern. Smeatons atmosphärische Maschinen blieben noch lange nach seiner Zeit Muster für alle Ausführungen ähnlicher Art.

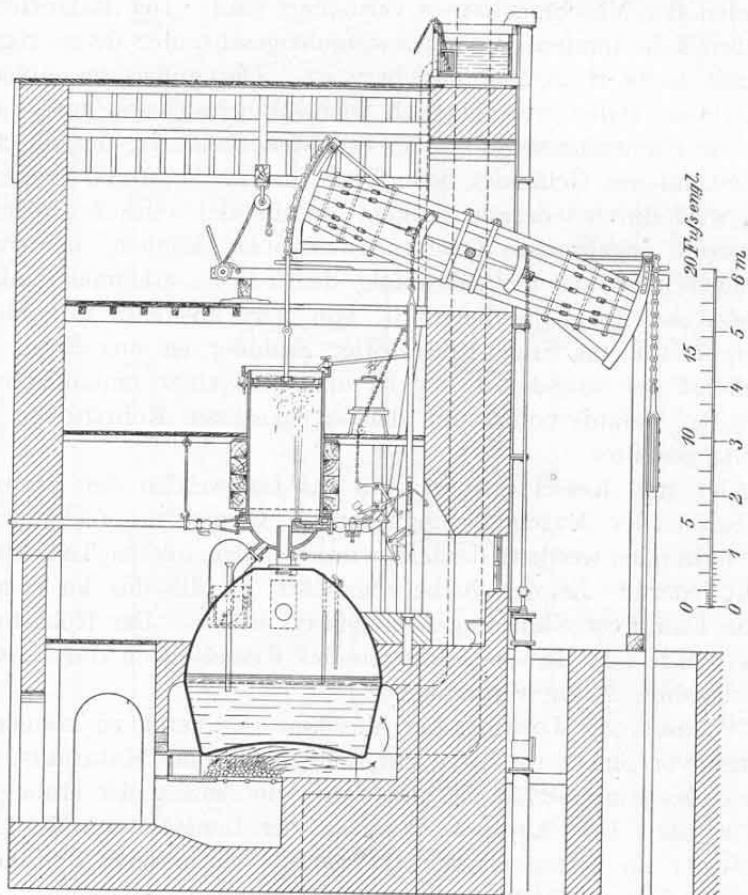


Fig. 52. Atmosphärische Maschine von Smeaton 1772.

Die erste Smeaton-Maschine kam 1772 auf der Kohlengrube zu Long-Benton bei Newcastle in Betrieb. Mit 52 Zoll (1321 mm) Zylinderdurchmesser und 7 Fuß (2,13 m) Hub war sie wesentlich größer als die alten Maschinen, denen sie der allgemeinen Anordnung nach sonst entsprach. Fig. 52 läßt die Bauart der Maschine erkennen.¹⁾

¹⁾ s. Farey, Steam engine, London 1827, daraus auch Ernst, Z. d. V. d. Ing. 1896, S. 976.

Die Maschine hat zwei Kessel, deren Dampf Räume durch eine Rohrleitung miteinander in Verbindung stehen. Der eine Kessel ist in der üblichen Weise unmittelbar unter dem Zylinder angeordnet, der zweite liegt seitlich. Der Kessel ist bereits ganz aus Eisenplatten zusammengenietet, während die älteren Kessel in den unteren Teilen zwar aus Eisen oder Kupferblechen bestanden, die Haube aber mit Rücksicht auf die leichtere Herstellung noch stets aus Bleiplatten gefertigt war. Der Zylinder hängt über dem Kolben in einem sehr kräftigen Holzrahmen, dessen Enden in den Wänden des Maschinenhauses vermauert sind. Der Balancier ist aus einer großen Zahl tannener Balken zusammengeschraubt, deren gegenseitige Lage durch harte Holzdübel gesichert ist. Die gußeiserne Achse ist in ihren mittleren Teilen von länglich rechteckigem Querschnitt. Auf dem Dach des Maschinenhauses steht der Kaltwasserbehälter, der durch die an der Außenwand des Gebäudes befindliche Kaltwasserpumpe gespeist wird. Der Hub wird durch federnde Balken, auf die sich seitlich an den Enden des Balanciers angebrachte Querstück aufsetzen können, begrenzt. Die Rohrleitungen sind aus der Zeichnung deutlich zu erkennen, links unten am Zylinder ist das Schnüffelventil, von dem aus eine mit Hahn verschließbare Röhre ins Freie führt. Der Zylinder ist aus Eisen gefertigt und möglichst gut ausgebohrt; er ist oben mit einer umlaufenden Rinne versehen; der Zylinderboden mit den angegossenen Rohrstützen ist halbkugelförmig gestaltet.

Zylinder und Kessel durften, um das Losewerden der Verbindungen beim Arbeiten der Maschine möglichst zu vermeiden, nicht starr miteinander verbunden werden; deshalb wurde in den oberen Teil des Kessels eine leicht federnde Kupferscheibe eingesetzt, in die das im Dampfkessel befindliche Dampfverteilungsorgan eingesetzt wurde. Der Rohrstützen des Zylinders wurde mit dem Rohrstützen des Kessels noch durch eine möglichst nachgiebige Muffe verbunden.

Der Wunsch, die Leistung der Maschine regulieren zu können, führte schon lange vor Smeatons Zeiten zur Benutzung eines Katarakts, von dem das Öffnen des Einspritzhahnes und damit die Anzahl der Hube abhängig gemacht wurde. Der Apparat stand in der Long-Benton-Maschine, wie Fig. 52 zeigt, im ersten Stockwerk rechts neben dem Zylinder; seine Wirkungsweise ist im Zusammenhang mit der ganzen Steuerung auf S. 324 ausführlich besprochen.

Die Maschine machte normal 12 Arbeitshübe in der Minute. Die Kolbengeschwindigkeit betrug bei 7 Fuß Hub (2,13 m), nur auf den Arbeitshub bezogen, 84 Fuß (25,6 m) in der Minute; der wirksame Druck auf den Kolben war 7,5 Pfund für den Quadratzoll (0,53 kg/qcm). Die Maschine leistete, in gehobenem Wasser ausgedrückt, 40,5 PS, wofür sie 17,63 Pfd. (8 kg) Kohle für die PS-Stunde brauchte. Oder anders ausgedrückt, mit einem Scheffel Kohlen (84 lbs.) leistete sie 9,45 Mill. Fußpfund in der Stunde (mit 1 kg Kohlen 34 289 mkg). Die Kessel, von denen der eine 12 Fuß (3657 mm), der andere 13,3 Fuß (4054 mm) Durchmesser hatte, arbeiteten mit 7,8facher Verdampfung. Der Dampfraum in beiden Kesseln zusammen betrug 1125 Kubikfuß (31,86 cbm), der gesamte

Rauminhalt beider Kessel war 2109 Kubikfuß (59,72 cbm), die Heizfläche 460 Qu.-Fuß (42,73 qm), die Gesamt-Rostfläche 35,1 Qu.-Fuß (3,26 qm). Der Schornstein war 47 Fuß (14,33 m) hoch. Das Gewicht aller bewegten Teile betrug 18936 Pfd., das sind 8589 kg.

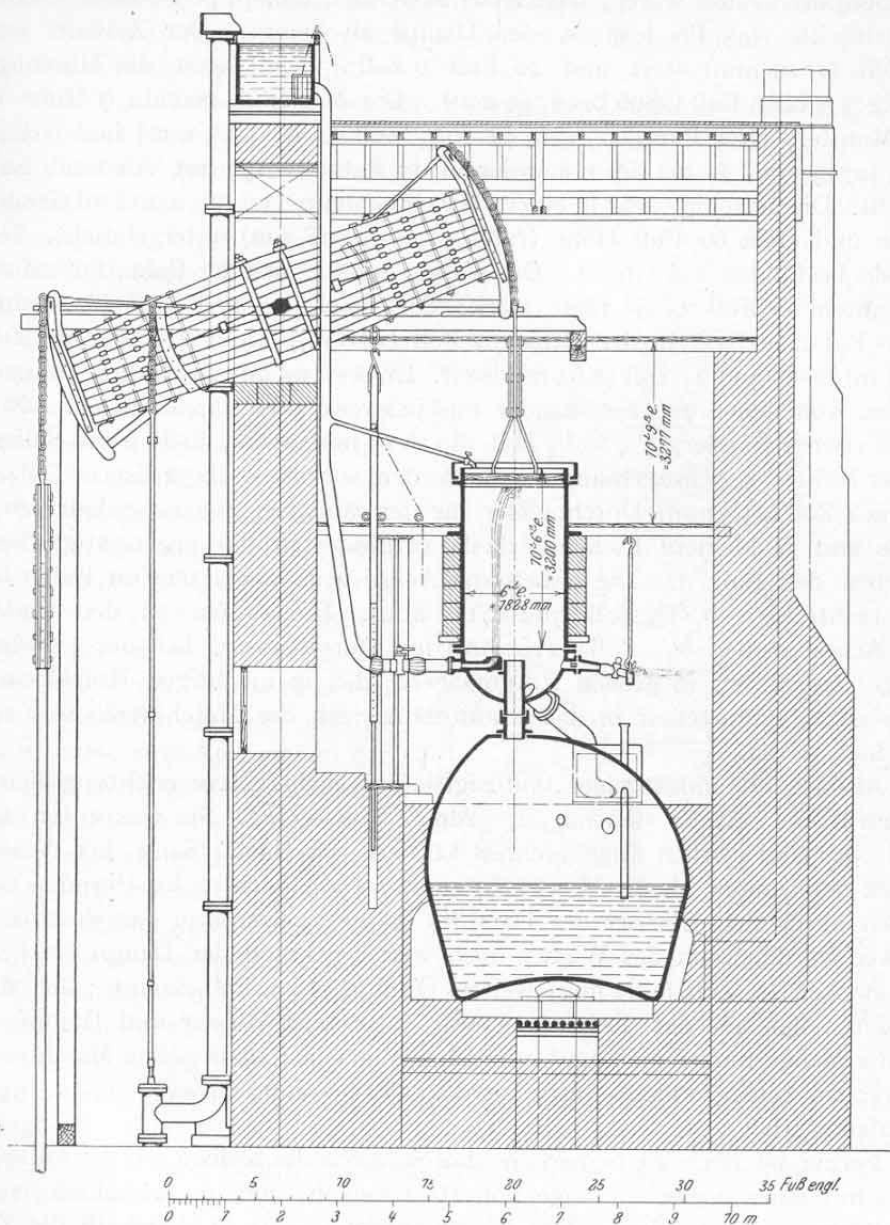


Fig. 53. Atmosphärische Maschine von Smeaton 1775.

Seine größte atmosphärische Maschine erbaute Smeaton 1775 für die Chasewater-Grube in Cornwall.¹⁾ Die allgemeine Anordnung dieser für die

¹⁾ s. Farey, Steam engine, S. 190.

damalige Zeit riesigen Maschine zeigt Fig. 53. Drei Kessel von je 15 Fuß (4,57 m) Durchmesser, von denen einer unter dem Zylinder, die andern daneben angeordnet waren, hatten der Maschine, die, in gehobenem Wasser ausgedrückt, 76,5 PS leistete, den Dampf zu liefern. Der Zylinder war 72 Zoll (1829 mm) weit und 10 Fuß 6 Zoll (3,2 m) hoch, die Hublänge betrug 9,5 bis 9 Fuß (2896 bis 2743 mm). Die Maschine machte 9 Hübe in der Minute. Drei Pumpen von je $16\frac{3}{4}$ Zoll l. W. (425 mm) und 9 Fuß Hub (2743 mm) waren übereinander in 17 Fathoms (31 m) Abstand aufgestellt. Die Maschine war in einem Maschinenhaus von 36×20 Fuß Grundfläche und etwa 60 Fuß Höhe (rund $11 \times 6 \times 18,3$ m) untergebracht. Die Wände bestanden aus Granit. Die Wand, auf die sich der Balancier stützt, war unten 10 Fuß (3048 mm) stark; der mächtige 27,3 Fuß (8321 mm) lange Balancier war in der Mitte 74 Zoll (1,88 m), an den Enden 60 Zoll (1,52 m) hoch und 24 Zoll (0,61 m) breit. Er bestand aus 20 starken Tannenbalken, von denen 10 übereinander und je zwei nebeneinander lagen. Zwei breite eiserne Bänder, $3\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}$ Zoll (89×19 mm) stark, hielten die Balken in der Nähe der Achse zusammen; außerdem sorgten noch 32 eiserne Bolzen von je 1 Zoll (25,4 mm) Durchmesser für den weiteren Zusammenhalt; zwei große und 54 kleinere Eichenholzkeile verhinderten das gegenseitige Verschieben der Balken. Die gußeiserne Achse war, soweit sie im Balancier saß, rechteckig, 30×5 Zoll (762×127 mm). Die Zapfen an den Enden der Achse maßen $8\frac{1}{2}$ Zoll (216 mm) im Durchmesser, bei der gleichen Länge; sie ruhten in großen Rotgußlagern, die, in mächtigen Holzblöcken eingelassen, unmittelbar in das Granitmauerwerk des Maschinenhauses angeordnet waren.

Als Wasserstandsanzeiger und zugleich als Sicherheitsvorrichtung diente die im Kessel seitlich stehend angeordnete Speiseröhre. Sie war unten mit zwei oder drei seitlich angebrachten Löchern versehen. Sank das Wasser bis zu dem ersten kleinen Loch, so entstand ein leichtes knatterndes Geräusch durch den Eintritt des Dampfes in die Speiseröhre, das wesentlich stärker wurde, wenn das Wasser noch weiter fiel und der Dampf jetzt zu der zweiten $\frac{1}{2}$ Zoll (12,7 mm) weiten Öffnung hindurch konnte; fiel das Wasser tiefer als das Rohr lang war, „so wird Wasser und Dampf in solcher Menge ausströmen und soviel Lärm machen, daß es den Maschinenwärter zu seiner Pflicht rufen wird, selbst wenn derselbe fest eingeschlafen wäre.“

Ferner ist noch zu bemerken, daß Smeaton die Kolben auf der unteren Seite mit einer doppelten Lage von Holz versah, um die Abkühlungsverluste geringer zu machen. Das Einspritzrohr, soweit es innerhalb des Zylinders sich befand, war aus Holz, um das Kühlwasser vor Erwärmung zu schützen. Die quadratische Ausflußöffnung der Einspritzleitung wurde durch eine aufgeschraubte Messingplatte hergestellt, durch Auswechseln dieser Platten ließ sich der Grad der Einspritzung den verschiedenen Leistungen der Maschine anpassen. Mit Rücksicht auf die Erschütterungen,

denen der Zylinder durch den Gang der Maschine ausgesetzt war, ist auch bei dieser Maschine eine starre Verbindung mit dem Kessel vermieden. Der Rohrstutzen am Kessel ist in einer nachgiebigen Kupferplatte befestigt, und auch die Verbindung zwischen Zylinder und Kesselrohrstutzen gestattet kleinere Verschiebungen.

Als Dampfleinlaßorgan ist die Saverysche Drehplatte, der Regulator, benutzt; sie besteht aus Rotguß, hat die Form eines Kreisringausschnittes und paßt mit ihren Dichtungsflächen genau auf den in den Kessel hineinragenden ebenso geformten Rohrstutzen. Ihre Drehachse ist konisch mit Rotgußbüchse abgedichtet.

Dem Zutritt des Einspritzwassers dient ein Hahn. Die äußere Steuerung geschieht in normaler Weise vom Steuerbaum aus unter Benutzung von Hebeln und Überfallgewichten. Ein Katarakt als Leistungsregulator fehlt auch bei dieser Maschine nicht.¹⁾

Smeatons große Bauausführungen legten es ihm nahe, die Maschine, deren Nutzen er in den Grubenbezirken kennen gelernt hatte, auch zum Auspumpen der Baugruben zu verwenden. Dazu aber mußte er sie unabhängig vom Gebäude machen und ihre Anordnung so zusammendrängen, daß sie sich leicht von einem Ort zum anderen schaffen ließ. Dies Bedürfnis schuf die ersten vom Maschinenhaus unabhängigen Maschinen, eine Maschinenform, die man wohl früher in Deutschland mit dem unschönen Namen „Portativ-Maschine“ belegte. Fig. 54 zeigt eine dieser von Smeaton bereits 1765 entworfenen Maschinen.²⁾ Die ganze Maschine ist in einem kräftigen

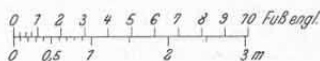
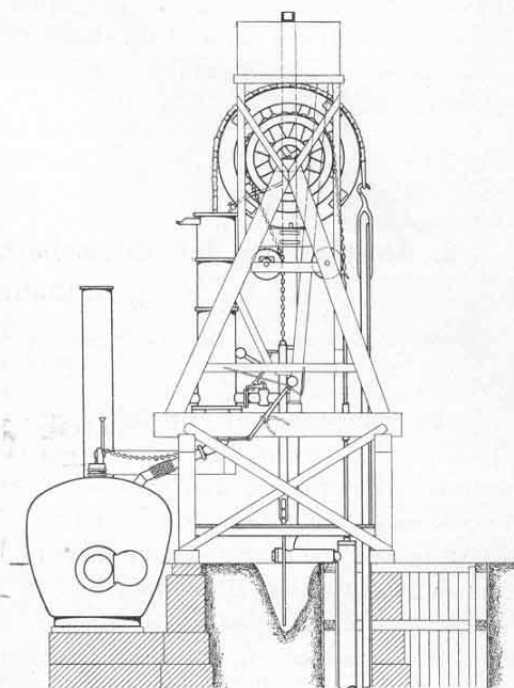


Fig. 54. Transportable atmosphärische Maschine von Smeaton 1765.

¹⁾ 1784 entwarf Smeaton auch eine atm. Maschinen für die Wasserversorgung der City of York. Die Maschine leistete 18 PS, bei 18 Hüben in der Minute. Zyl. Dchm. 27 Zoll, Hub 6 Fuß. Die Originalzeichnung dieser Maschine ist veröffentlicht in Proc. Inst. Mech. Eng., 1903, II. Taf. 21. Wertvolle Angaben über atm. Maschinen finden sich in Smeatons Reports, 3. vol., 1812.

²⁾ Es scheint, daß diese Maschine erst einige Jahre nach dem Entwurf wirklich zur Ausführung gekommen ist.

A-förmigen Holzgestell untergebracht. Den Balancier hat ein Rad ersetzt, über das sich eine Kette legt, an deren Enden die Pumpen und Dampfkolben angreifen. Auf einem kleineren, konzentrisch angeordneten Rade liegt eine zweite Kette, an deren Enden der Steuerbaum und die Kolbenstange der Kaltwasserpumpe hängen. Der Kessel hat die Form eines großen Teekessels; er ist aus eisernen Platten zusammengenietet und hat eine kugelförmig ausgebildete gußeiserne Feuerbüchse.

In Wirkungsweise und Steuerung entsprachen diese Maschinen genau den anderen Ausführungen. Der Zylinder war 18 Zoll (457 mm) weit und hatte 6 Fuß (1829 mm) Hub, das große Rad war 6,25 Fuß (1905 mm) im Durchmesser. Die Maschine soll bei 10 Hüben in der Minute etwa 4,5 PS geleistet haben.¹⁾

3. Entwicklung der atmosphärischen Maschine nach Watts Erfindungen.

Picklepot-Kondensator. — Die atm. Maschine außerhalb Englands. — Trümmer einer atm. Maschine.

Als Smeaton mit Aufwendung seiner ganzen Arbeitskraft die atmosphärische Maschine zu einem hohen Grade der Vollendung gebracht hatte, mußte er es erleben, daß inzwischen durch die epochemachende Erfindung Watts diese seine Erfolge bei weitem überholt wurden. Er selbst, der mit Watt befreundet war und von diesem hochgeschätzt wurde, machte Versuche mit den Wattschen Maschinen und mußte zugeben, daß sie nur halb soviel Kohlen für die gleiche Leistung brauchten wie atmosphärische Maschinen, daß also seine atmosphärische Maschine höchstens bei sehr geringen Kohlenpreisen noch eine Daseinsberechtigung hatte.

So kam es, daß auch ganz neue atmosphärische Maschinen, z. B. auch die in Chasewater, die in dem kohlenarmen Cornwall arbeiteten, durch neue Wattsche Maschinen ersetzt wurden, während sie in den kohlenreichen Gegenden sich noch lange erhielten; hier erfuhr sie auch unter dem Einfluß der Wattschen Maschine noch mannigfache Verbesserungen. Zunächst war es natürlich das einfachste, Watts Erfindungen, wie z. B. den von der Maschine getrennten Kondensator und das Parallelogramm, unmittelbar auf die atmosphärische Maschine zu übertragen. Watt hatte harte Patentprozesse zu führen, ehe es ihm gelang, dieses Eindringen in seine Rechte zu verhindern. Man suchte dann die Patente zu umgehen. Das gelang bis zu einem gewissen Grade bei der wichtigsten Wattschen Erfindung, dem vom Zylinder getrennten Kondensator, durch Einführung des sog. „pickle-pot“.

¹⁾ s. Farey, Steam engine, London 1827, S. 259.

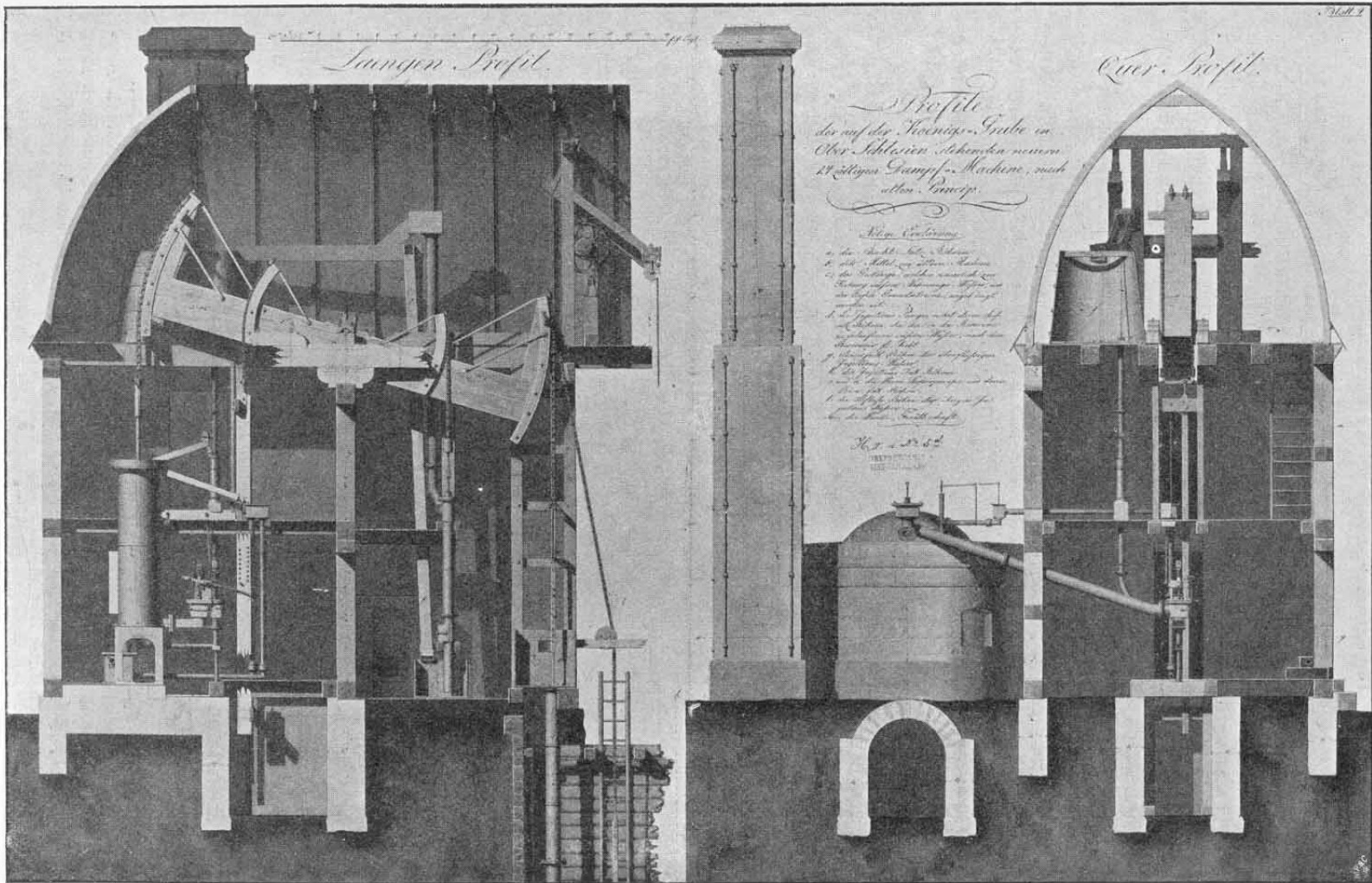


Fig. 55. Atmosphärische Maschine deutscher Bauart um 1800 (nach Originalzeichnung des Königl. Oberbergamts Breslau).

Der seiner Form nach als „pickle-pot“ (Einmachtopf) bezeichnete Kondensator, Fig. 56, ist ein einfacher Einspritzkondensator ohne Luftpumpe. Der Dampf treibt die über dem Wasser befindliche Luft bei jedem Hub durch das seitlich angeordnete Schnüffelventil hinaus. War auch mit diesem einfachen Kondensator nicht die Luftleere der Wattschen Maschinen zu erreichen, so war doch eine nicht unwesentliche Verbesserung gegenüber der unmittelbaren Einspritzung in den Zylinder erzielt.¹⁾

Bei den Maschinen, die nach dem Auslande gingen, brauchte man sich nicht um die Wattschen Patente zu kümmern; hier kamen bald auch vom Zylinder getrennte Kondensatoren in Aufnahme, und auch das Wattsche Parallelogramm zur Gradführung der Kolbenstange findet sich schon 1788 bei einem für den oberschlesischen Bergbau bestimmten Entwurf einer atmosphärischen Maschine.²⁾

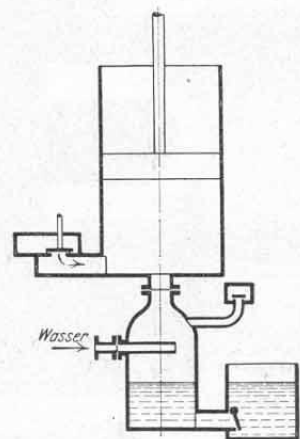


Fig. 56. Der „pickle-pot“-Kondensator.

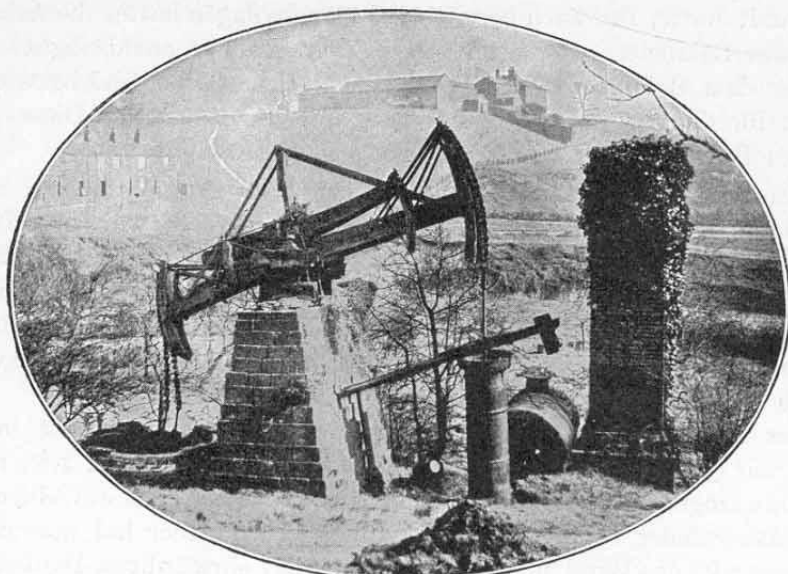
Trotzdem man das Parallelogramm also damals schon kannte, wurde es doch, weil die Herstellung zu schwierig war, lange Zeit nicht angewandt; die alte Anordnung der Ketten genügte noch bei den einfachwirkenden Maschinen.

Als Beispiel einer in Deutschland erbauten atmosphärischen Maschine diene die um 1800 in Oberschlesien für die Königsgrube erbaute Feuermaschine, Fig. 55. Die sehr sorgfältig ausgeführte Zeichnung läßt gut den Einbau der Maschine in das Maschinenhaus erkennen und zeigt, wie sparsam man damals in Deutschland noch mit dem Eisen umging; viele Röhren sind aus hölzernen Brettern zusammengeslagen; der Kühlwasserbehälter ist ein großes Faß. Der Zylinder steht, wie dies auch bei den englischen Maschinen schon zu Smeatons Zeiten als wesentliche Verbesserung eingeführt wurde, nicht mehr über dem Kessel, sondern ist auf gußeisernem Tisch etwas über dem Fußboden angeordnet. Ein besonderer Kondensator findet sich noch nicht bei dieser Maschine. Zur Dampfverteilung dient ein Tellerventil; ein etwas kleineres, unmittelbar daneben angeordnetes gleiches Ventil läßt das Einspritzwasser in den Zylinder. Die beiden Ventile werden von einem zwischen den Ventilstangen angeordneten Zahnrad, das in die oben gezahnten Ventilstangen eingreift, geöffnet.

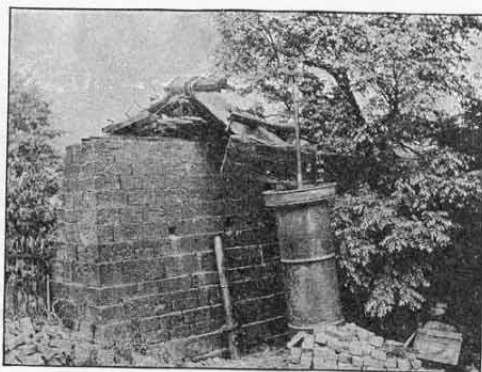
Der Balancier ruht auf einer schneidenartig ausgebildeten Achse, wie sie, um die Reibung zu verringern, schon der englische Ingenieur Kean Fitzgerald

¹⁾ s. Davey, The Newcomen Engine. Proc. Inst. Mech. Eng., 1903, S. 704.

²⁾ Die interessanten Originalblätter dieser Maschine befinden sich im Königl. Oberbergamt zu Breslau. Räumlich sich verdeckende Teile sind hier schon mit Benutzung abklappbarer Zeichnungsteile dargestellt. Eine Methode, die heute in der volkstümlichen technischen Literatur vielfach angewendet wird.



Aufnahme 1894.



Aufnahme 1904.

Fig. 57 bis 60. Trümmer einer der ersten atmosphärischen Maschinen zu Bardsley bei Ashton-under-Lyne.

angewandt hatte, der auch bereits 1758 vorgeschlagen hatte, die Achse nicht unten am Balancier, also unter seinem Schwerpunkt anzubringen, sondern sie über dem Balancier anzuordnen, um so das stabile Gleichgewicht vorteilhaft für den ruhigen Gang der Maschine auszunützen. Diese Achsenlage des Balanciers zeigt auch die schlesische Maschine.

Heute ist die atmosphärische Maschine als Pumpmaschine auch in ihren letzten Exemplaren ganz verschwunden. Die ehrwürdigen Trümmer einer alten atmosphärischen Maschine, von der man annimmt, daß sie zu den von Newcomen selbst erbauten ersten Maschinen gehört, zeigen die Fig. 57 bis 60. Balancier, Zylinder und Kessel sind noch zu Bardsley bei Ashton-under-Lyne, wo die Maschine bis 1830 wenigstens aushilfsweise in Betrieb gewesen ist, zu sehen.

Der Zylinder ist 695 mm weit und 2,66 m lang. Er ist in einem Stück mit 32 mm Wandstärke gegossen. Der Hub beträgt 1,83 m. Der etwa 6 m lange, aus Eichenholz hergestellte Balancier ruht auf einem mächtigen Mauerpfeiler von $4,4 \times 2,9$ m Grundfläche. Leider hat man dem Zerstörungswerk, das Wind und Wetter an diesem ehrwürdigen Denkmal alter Maschinenbaukunst vornahm, keinen Einhalt geboten. Heute ist auch, wie Fig. 60 zeigt, bereits der Balancier vollständig zusammengebrochen.¹⁾

4. Die Entwicklung der Steuerung.

Die ersten Ausführungen. — Schwimmer. — Beightons Steuerung. — Smeatons Steuerung.
— Deutsche Ausführung. — Der Katarakt.

Die Aufgabe, der Maschine selbst die Bedienung ihrer eigenen Organe zu übertragen, ja sie in den Stand zu setzen, ihren Verbrauch — ihre Nahrungsaufnahme — der Größe der jeweilig von ihr verlangten Leistung anzupassen, hat von jeher die Erfinder und Konstrukteure auf das eifrigste beschäftigt.

Wie man diese Aufgabe bei den ersten Dampfmaschinen — den atmosphärischen Maschinen — zu lösen versucht hat, möge im Zusammenhang hier gezeigt werden.

Die Aufgabe der ersten Steuerung war, abwechselnd nacheinander Dampf- und Wassereinlaß zu öffnen und zu schließen; war der Kolben unten angelangt und sollte der Aufwärtshub beginnen, so mußte das Dampfleinlaßorgan geöffnet werden; war der Hub beendet, stand also der Kolben in seiner oberen Endlage, so mußte das Dampfventil geschlossen und der Einspritzhahn geöffnet werden. Jetzt bewirkte der äußere Luftdruck den

¹⁾ Fig. 57 findet sich in Engineering 1894 und Z. d. V. d. Ing. 1894. Fig. 58 bis 60 s. Davey, The Newcomen Engine, Proc. Inst. Mech. Eng., 1903, Taf. 22.

eigentlichen Arbeitshub. Für den Dampfleinlaß wurde eine schwingende Platte, für den Wassereinlaß ein Hahn verwendet, die beide durch Hin- und Herdrehen einer Achse sich bewegen ließen. Der Gedanke lag nahe, die hebelartigen Handgriffe dieser Organe durch Schnüre oder Riemen mit dem auf- und niedergehenden Balancier zu verbinden. Um die Steuerorgane möglichst schnell zu öffnen und zu schließen, ordnete man Überfallgewichte an, die, sobald die äußere Steuerung sie über ihre Gleichgewichtslage hinaus bewegt hatte, überkippten und diese Fallbewegung in eine energische Bewegung der Steuerorgane umsetzten.

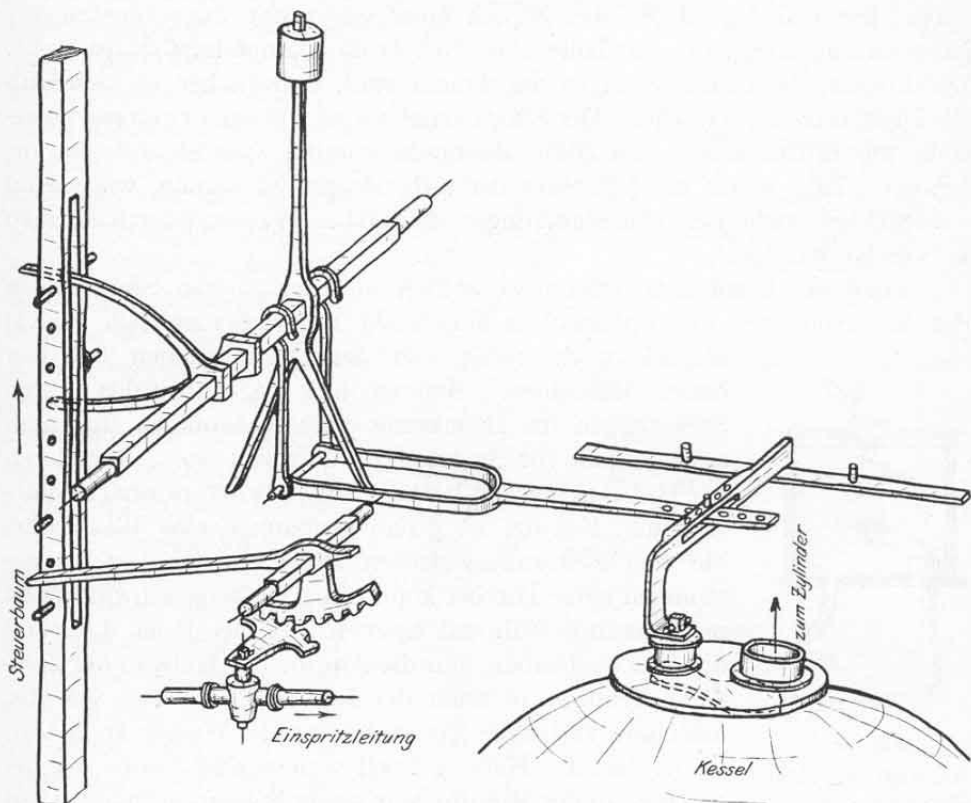


Fig. 61. Beightons Steuerung 1718.

(Nach Stuart, Steam Engine, London 1824.)

Interessant ist die bereits erwähnte frühe Benutzung eines Schwimmers, der in einem in den Kessel eingebauten Standrohr sich bewegte. Mit dem Dampfdrucke stieg die Wassersäule in diesem Rohre, bis der Schwimmer gegen den Hebel einer Klinke anstieß und damit das den Einspritzhahn öffnende Fallgewicht auslöste. Es war hierbei also der Beginn der Kondensationsperiode von der Größe des Dampfdruckes im Kessel abhängig. Wie im einzelnen die äußere Steuerung von diesem Schwimmer und dem

Balancier betätigt wurde, läßt sich nicht mehr einwandfrei darstellen. Tatsache ist nur, daß neben dem Schwimmersteuerrohr ein vom Balancier herniederhängender und mit ihm auf- und niedergehender Steuerbaum verwendet wurde.

Ausführung und Wirkungsweise der Steuerungen lassen die folgenden Figuren erkennen. Fig. 61 zeigt die Steuerung, wie sie etwa 1718 durch Beighton in den Maschinenbau eingeführt wurde. Der Steuerbaum trägt an beiden Seiten Anschläge, in der Mitte ist er geschlitzt; auch hier steckt ein Zapfen, der auf einen Hebel wirken kann. Die obere Steuerwelle trägt einen Gabelhebel mit Überfallgewicht, der seiner Form nach als Y-Hebel bezeichnet wird. Die Gabel greift in den Zapfen einer wagerecht angeordneten gegabelten Zugstange, die mit Hilfe eines Hebels die Dampf einlaßplatte dreht. Die Löcher, die in den Stangen angebracht sind, ermöglichen es, den Hub der Drehplatte zu verstellen. Der Einspritzhahn wird von einer zweiten Steuerwelle aus mittels Hebel und zweier Zahnradabschnitte vom Steuerbaum aus bewegt. Dies waren die Elemente der selbsttätigen Steuerung, wie sie im wesentlichen auch bei den Steuerungen der ersten Wassersäulenmaschinen verwendet wurden.¹⁾

Auch die konstruktiv schon wesentlich vollkommeneren Steuerungen der Smeatonschen atmosphärischen Maschinen unterscheiden sich grundsätzlich noch wenig von den Ausführungen bei den ersten Maschinen. Neu ist hier gegenüber den ersten Steuerungen die Benutzung eines Kataraktes, den man auch schon vor Smeaton in Cornwall zum Regulieren der Hubzahl benutzt hatte. Diese höchst sinnreiche Vorrichtung, Fig. 62, ist genau genommen eine Wasseruhr, die den Zeitraum zwischen zwei Arbeitshüben zu bestimmen hat. Hierbei konnte die Kolbengeschwindigkeit der Maschine während eines Hubes bei jeder Leistung die gleiche bleiben, nur die Anzahl der Hübe in der Zeiteinheit wurde je nach der Leistung, die man von der Maschine verlangte, geregelt; war viel Wasser zu heben, so folgten die Hübe schnell aufeinander, etwa 15 bis 18 Hübe in der Minute; war wenig Wasser vorhanden, so ging der Kolben nur 3, 4 oder 5 Mal in der gleichen Zeit

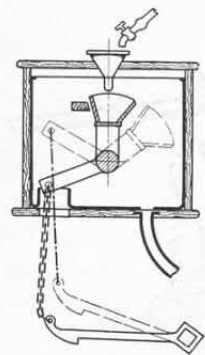


Fig. 62.

Katarakt der atm.
Maschinen vor 1770.

auf und nieder. Der Apparat bestand im wesentlichen aus einem Winkelhebel, an dessen aufrecht stehendem Arm statt eines massiven Überfallgewichtes ein Gefäß angebracht war, das, mit Wasser gefüllt, schwer genug war, den Hebel umzukippen. Der wagerechte Arm des Winkelhebels hob dann eine Klinke aus, wodurch das Schlußgewicht des Einspritzhahnes freigegeben

¹⁾ Die von Belidor 1737 bei seiner Pariser Wassersäulenmaschine benutzte Steuerung gleicht im wesentlichen vollkommen der beschriebenen Ausführung; s. *Architecture Hydraulique*, Paris 1739.

und der Einspritzhahn geöffnet wurde; jetzt erst konnte der luftverdünnte Raum erzeugt und durch den äußeren Luftdruck der Kolben herabgedrückt werden. Der Beginn des Arbeitshubes war somit von dem Umkippen des Katarakthebels bzw. von der Geschwindigkeit, mit der das Wasser dem Katarakt zufloß, abhängig. Die Leistung der Maschine konnte deshalb durch Einstellen des kleinen Zuflußhahnes in weiten Grenzen reguliert werden. Wollte man ohne Katarakt arbeiten, so hing man die Ketten, mit denen Klinke und Katarakthebel verbunden waren, aus und befestigte die Klinke mit einer zweiten Kette unmittelbar an den Steuerbaum.¹⁾

Vor Einführung dieses Apparates hatte man durch Veränderung des Vakuums in engen Grenzen die Leistung der Maschine zu regulieren gesucht. Entweder verkürzte man die Einspritzdauer oder man beeinflusste das Schnüffelventil und ließ mehr oder weniger Luft aus dem Zylinder; oder man vergrößerte oder verkleinerte das Gegengewicht und regulierte so die Zeitdauer des Aufwärtshubes.

¹⁾ Die Bergleute gaben dem kleinen, wichtigen Apparat den scherzhaften Beinamen: „Jack in the box“.

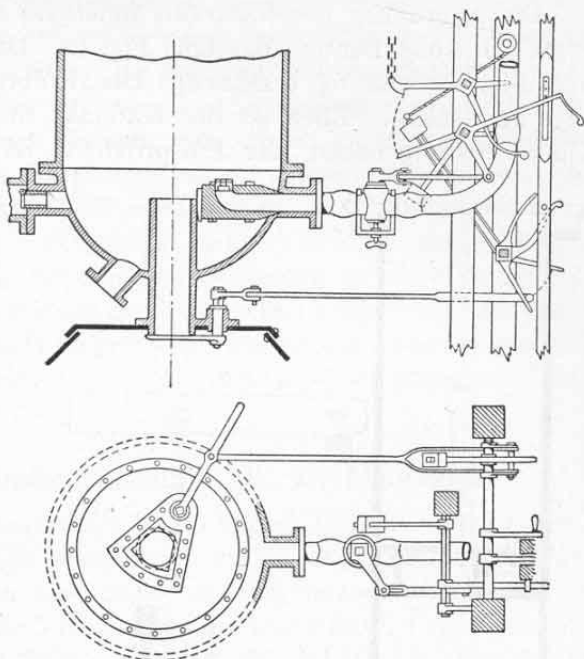


Fig. 63 und 64. Steuerung der Long-Benton-Maschine Smeaton 1772.

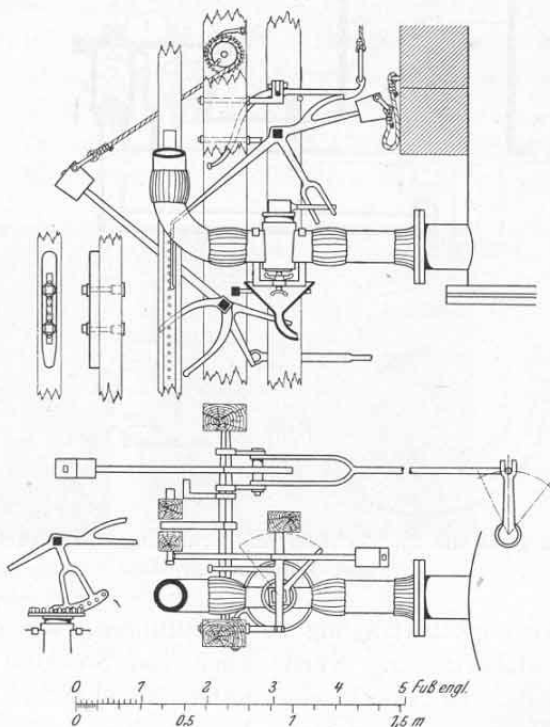


Fig. 65 bis 67. Steuerung der Chasewater-Maschine Smeaton 1775.

Die Anordnung des Katarakts innerhalb der ganzen Maschinenanlage zeigte die Long-Benton-Maschine Fig. 52. Die Steuerung dieser Maschine läßt Fig. 63 und 64 erkennen. Der Kolben ist hier in der höchsten Lage zu denken. Eben ist der Katarakt in Tätigkeit getreten, hat die Klinke etwas gehoben, der Einspritzhahn ist geöffnet. Kurz vorher hat

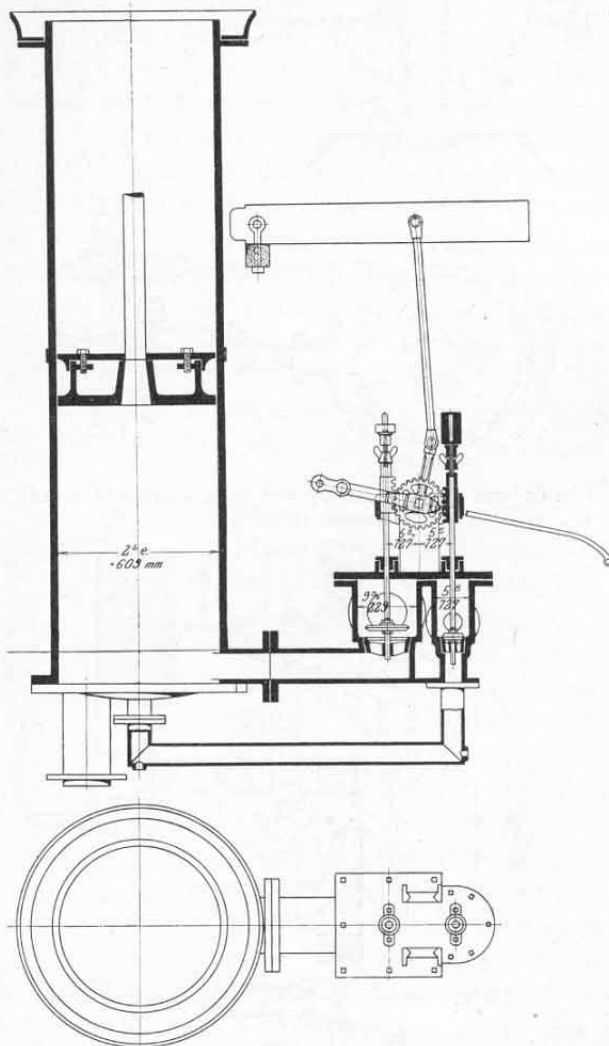


Fig. 68 und 69. Zylinder und Steuerung einer deutschen atm. Maschine um 1800.

der Zapfen im Schlitz des Steuerbaumes den mittleren Hebel nach oben gedrückt und damit den Dampfeinlaßschieber geöffnet. Der Kolben wird jetzt den Arbeitshub beginnen, sich nach abwärts bewegen, bis ein Anschlag am Steuerbaum zuerst den Einspritzhahn schließt, wobei die Klinke des Katarakts wieder das Hebelende festhält. Kaum ist der Kolben an seiner untersten Stellung angelangt, so öffnet sich wieder der Dampfzutritt, der Aufwärtsgang kann, eingeleitet durch das Übergewicht des Pumpengestänges und unterstützt durch den anfangs den Luftdruck etwas übersteigenden Dampfdruck, beginnen.

Ähnliche Ausführung zeigt die Steuerung der Smeaton-Maschine vom Jahre 1775, Fig. 65 bis 67. Der Hebel des Einspritzhahnes wird hier unmittelbar durch eine Gabel des Steuerhebels umgriffen.

Besser war es, die Bewegungsübertragung so auszuführen, wie es Fig. 66 zeigt. Diese Zahnradübertragung wurde auch von Smeaton meistens benutzt. Der Hahn selbst ist durch eine unten angebrachte Druckschraube vor zu festem Einpressen geschützt. Ein Trichter sorgt für das Abfließen des Abtropfwassers.

Die Steuerung der in Fig. 55 dargestellten oberschlesischen Maschine zeigt Fig. 68 und 69. Es sind hier anstatt Schieber und Hahn zwei Tellerventile verwendet, die ihre Bewegung durch ein Zahnrad, das zwischen den beiden mit verschiebbaren Zahnmuffen versehenen Schieberstangen angeordnet ist, erhalten. Der Steuerbaum hat also nur einen Hebel zu bewegen, der hier nicht unter Benutzung eines Überfallgewichtes, sondern unter Anwendung einer gewichtsbelasteten Kniehebelübertragung nach Überschreiten seiner Mittellage schnell in die eine oder andere Endlage geführt wird. Die Ventile werden zwangsläufig von der äußeren Steuerung geöffnet, indem die Zahnmuffen bei ihrem Aufwärtsgang gegen verstellbare Anschläge der Ventilschindel stoßen und so die Ventile mitnehmen. Die Schlußbewegung geschieht kraftschlüssig durch Gewichte, die auf der Ventilschindel angebracht sind.

5. Die atmosphärische Maschine mit Drehbewegung.

Der immer mehr sich ausbreitende Fabrikbetrieb legte es nahe, die neue Betriebskraft ihm dienstbar zu machen. Dazu war es erforderlich, die hin- und hergehende Bewegung in eine Drehbewegung umzuwandeln, die man auch brauchte, wenn man die atmosphärische Maschine als Fördermaschine benutzen wollte. Anfangs behielt man das als Betriebsmaschine bereits bewährte Wasserrad bei und ließ ihm nur das Betriebswasser durch die Feuermaschine zuheben. Zwischen der Kraft- und Arbeitsmaschine blieb das Wasserrad als Zwischenmaschine bestehen. Selbst führenden Ingenieuren, wie Smeaton, schien es lange Zeit aus praktischen Gründen unausführbar, statt des Wasserrades etwa ein Kurbelgetriebe anzuwenden. Erst die Erfolge Watts überwandten dieses Vorurteil, und erst seit etwa 1780 benutzte man auch bei atmosphärischen Maschinen ein Kurbelgetriebe.

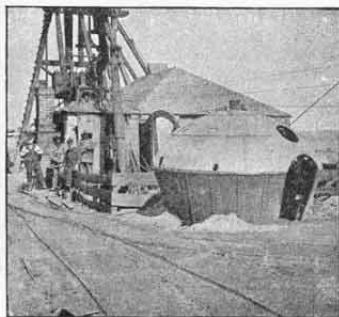
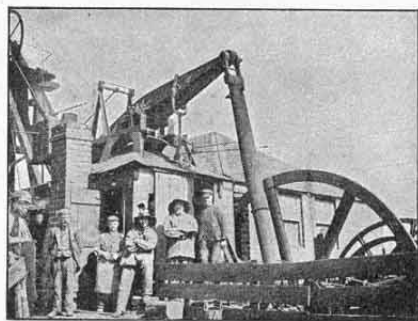


Fig. 70 und 71. Fördermaschine zu Rutherglen bei Glasgow.
Erbaut 1810, noch im Betrieb.

Eine dieser Maschinen, die allerdings erst 1810 erbaut wurde, ist heute als Fördermaschine noch im Betriebe und dürfte vielleicht die einzige und letzte atmosphärische Maschine der Welt sein. Diese geschichtlich höchst denkwürdige Maschine, die in den Fig. 70 bis 75 dargestellt ist, arbeitet auf

einer Kohlengrube zu Rutherglen bei Glasgow. Der Zylinder hat 42 Zoll (1067 mm) Durchmesser bei 68 Zoll (1727 mm) Hub. Bei 27 Umdrehungen in der Minute und 7,35 Pfd./Qu-Zoll (0,52 kg/qcm) mittlerem Druck leistet sie max. 27 PS_i. Der Überdruck im Kessel beträgt 3 Pfd./Qu-Zoll (0,21 kg/qcm). Ein im Juni 1901 aufgenommenes Diagramm¹⁾ zeigt Fig. 75.

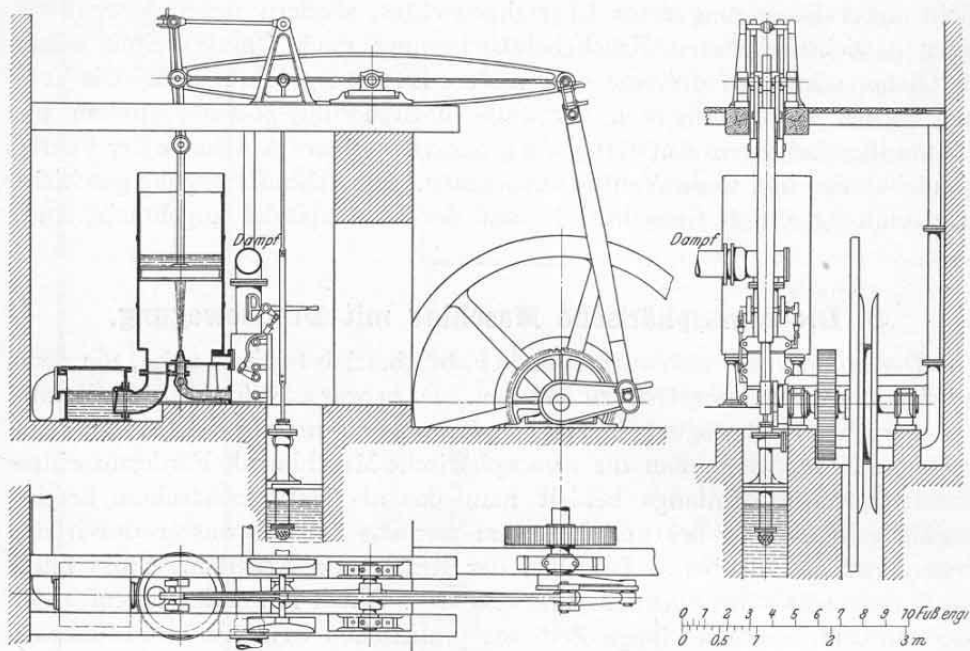


Fig. 72 bis 74. Atmosphärische Fördermaschine zu Rutherglen.

Die Maschine ist seit 95 Jahren ununterbrochen im Betriebe. Sie fördert aus 30 und 44 Fathoms (54,86 und 80,46 m) Tiefe; bis vor kurzem half sie auch noch bei der Wasserhaltung. Die Abbildungen zeigen auch das einfache Maschinenhaus, das nur den Zylinder mit Steuerung umschließt, während alle anderen Teile draußen im Freien arbeiten. Ein großer Kessel mit kugelförmiger Haube steht vor dem Maschinenhaus.²⁾

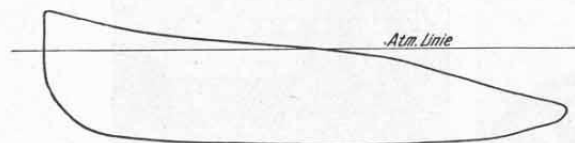


Fig. 75. Diagramm zur Maschine Fig. 72.

Zwei andere atmosphärische Maschinen, eine für die Förderung, die andere für die Wasserhaltung, wurden 1820 und 1821 noch für die gleiche Grube erbaut, sie waren bis 1888 in Betrieb und wurden dann abgebrochen.

Eine andere atmosphärische Fördermaschine, Fig. 76, die um 1790

¹⁾ s. Führer zum Intern. Ingenieur-Kongreß Glasgow 1901.

²⁾ Bei anderen alten Maschinen ließ man wohl sogar den Zylinder unter freiem Himmel und begnügte sich, nur die Steuerung mit einem Bretterschlag zu umgeben.

zu Coalbrookdale erbaut wurde, zeigt noch besser als die vorhergehende Maschine den ungeheuren Unterschied auch im Äußeren zwischen der Grobschmied- und Zimmermannsarbeit jener ersten Feuermaschinen und der Feinmechanikerarbeit unserer heutigen „Präzisions“-Dampfmaschinen.

Fig. 77 zeigt die atmosphärische Maschine einer Kohlengrube bei Derby, die 1817 an der Stelle, wo sie bis 1886 gearbeitet hat, aufgestellt wurde; sie war aber vorher schon auf anderen Schächten tätig gewesen. Die Figur läßt besonders gut auch den gewaltigen, im Freien stehenden Kessel mit kugelförmiger Haube erkennen.¹⁾

¹⁾ s. Davey, Newcomen Engine, Proc. Inst. Mech. Eng., 1903, S. 681 und 691, denen auch die Fig. 70, 71 und 76 entnommen sind. Die Unterlagen für Fig. 72 stellte mir Mr. H. W. Pearson, Bristol zur Verfügung.

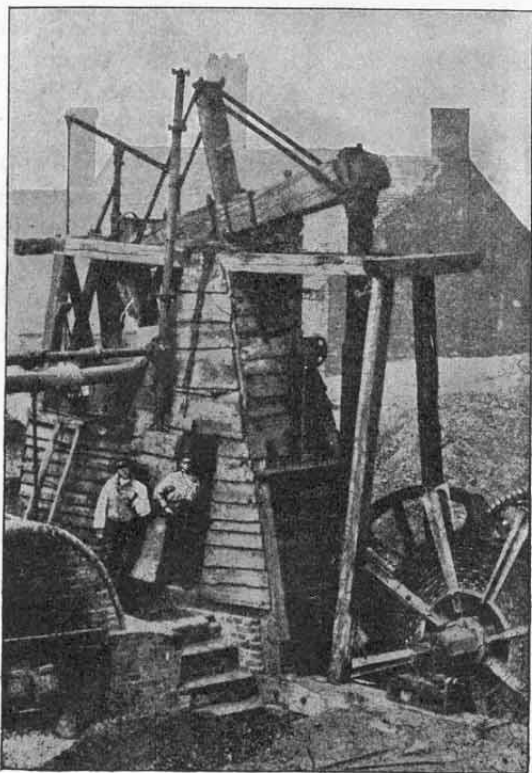


Fig. 76. Atmosphärische Fördermaschine zu Coalbrookdale. Erbaut um 1790.

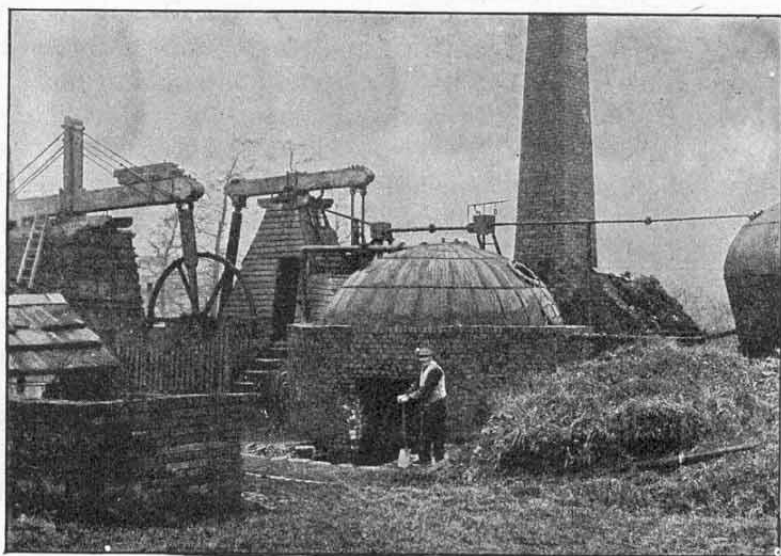


Fig. 77. Atmosphärische Maschine bei Derby, bis 1886 im Betriebe gewesen.

6. Doppeltwirkende atmosphärische Maschinen.

Watts doppeltwirkende Maschine, durch die vor allem eine bis dahin unbekannte Gleichmäßigkeit des Ganges erreicht wurde, regte mit ihrem großen Erfolg als Betriebsmaschine dazu an, auch die atmosphärischen Maschinen „doppeltwirkend“ zu bauen.

Ein englischer Ingenieur Francis Thompson, der besonders in dem Minenbezirk von Derbyshire tätig war und dort auch öfters Gelegenheit hatte, bei dem Einbau Wattscher Maschinen mitzuhelfen, nahm 1793 ein Patent auf die durch Fig. 78 dargestellte Maschine.¹⁾

Zwei Zylinder sind übereinander, mit der Öffnung einander zugekehrt, angeordnet. In dem unteren Zylinder wirkt also der Kolben wie bei der

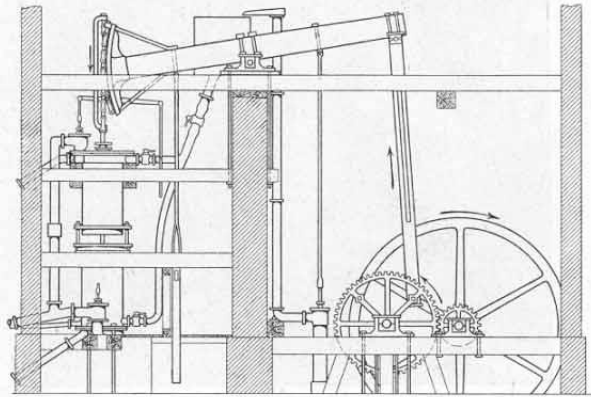


Fig. 78.

Doppeltwirkende atm. Maschine von Thompson 1793.

(Nach Farey, Steam Engine, 1827.)

normalen atmosphärischen Maschine beim Abwärtsgang, in dem oberen Zylinder beim Aufwärtsgang; die Kolbenstange muß daher mit dem Balancierende durch zwei Ketten, von denen die eine beim Aufwärtsgang, die andere beim Abwärtsgang auf Zug beansprucht wird, verbunden werden. Die Wirkungsweise und Steuerung der Maschine entspricht den bekannten Ausführungen. Von dem anderen Ende

des Balanciers wird durch Schubstange und Kurbel unter Zwischenschalten eines Vorgeleges die Kraft auf die Schwungradwelle übertragen. Die größte dieser Maschinen wurde für eine Wollgarnspinnerei in der Nähe von Nottingham ausgeführt, der Zylinder hatte 40 Zoll (1016 mm) Durchmesser bei 6 Fuß (1829 mm) Kolbenhub, bei 18 Hüben in der Minute leistete die Maschine etwa 48 PS. Der Balancier war 24 Fuß (7,3 m), die Schubstange 22 Fuß (6,7 m) lang, das Schwungrad machte 45,5 Umdrehungen in der Minute. Die Maschine entsprach, was die Gleichmäßigkeit des Ganges anbelangte, den Anforderungen, verbrauchte aber zu viel Kohlen. 1810 kam mit dem Abbruch der ganzen Fabrik auch die Maschine außer Betrieb.

1794 führte Thompson auch einige kleinere Maschinen von 27 Zoll (686 mm) Zylinderdurchmesser für Baumwollspinnereien in Manchester aus.

Da sich aber herausstellte, daß die Bedienung dieser Maschine mindestens

¹⁾ s. Farey, Steam Engine, London 1827, S. 658.

ebensoviel Aufmerksamkeit erforderte, als die der Wattschen Maschinen, die Betriebskosten sich aber wesentlich höher stellten, so verschwand bald das ganze Maschinensystem.

Eine andere doppeltwirkende atmosphärische Maschine hatte ein Dr. Falck bereits 1779 angegeben. Die Idee wurde aber erst 1794 in Manchester ausgeführt. Die Maschine, Fig. 79, wurde für die Baumwollspinnerei eines gewissen Thackray in Manchester erbaut, wo sie mehr als 30 Jahre arbeitete.¹⁾

Auch diese Maschine besteht aus zwei einfachwirkenden Zylindern, die hier nebeneinander stehen; die gezahnten Kolbenstangen wirken auf ein zwischen ihnen angeordnetes großes Zahnrad. Auf der Achse des hin- und herschwingenden Rades sitzt ein Hebel, von dem aus durch Schubstange und Kurbel die Drehbewegung der Schwungradwelle abgeleitet wird.

Von der Wattschen Maschine sind die vom Zylinder getrennten Kondensatoren nebst Luftpumpen, die unterhalb der Zylinder aufgestellt sind, entlehnt. Dieser Eingriff in das Wattsche Patentrecht führte zu einem Prozeß, der die Besitzer der Maschine zwang, noch nachträglich die Lizenzgebühren zu zahlen. Die Steuerung ist ähnlich wie bei den Wattschen doppeltwirkenden Maschinen.

Die Zylinder der Maschine hatten 36 Zoll (914 mm) Durchmesser bei 4 Fuß (1,2 m) Hub, sie arbeitete mit 40 Hübren in der Minute und dieser „rapiden“ Geschwindigkeit entsprach die Gleichmäßigkeit der Schwungradbewegung. Die Leistung der Maschine soll etwa 60 PS betragen haben. Später ließ man die Maschine mit 30 Hübren in der Minute laufen.

Aber auch diese Art der doppeltwirkenden Maschine konnte sich nicht halten; sie war zu teuer in der Herstellung und im Betrieb, um mit den Wattschen doppeltwirkenden Maschinen auch bei billigen Kohlenpreisen in erfolgreichen Wettbewerb treten zu können.

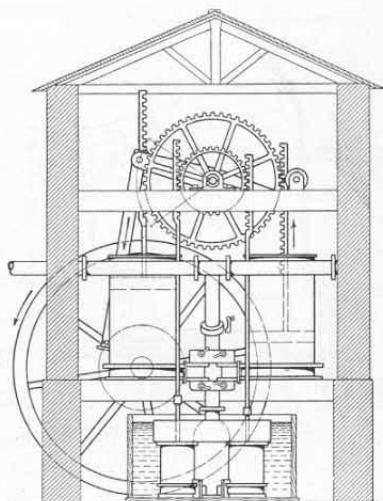


Fig. 79. Doppeltwirkende atm. Maschine von Dr. Falck 1774.

(Nach Farey, Steam Engine, 1827.)

¹⁾ Diese Spinnerei war die erste Baumwollspinnerei in Manchester; sie war mit Arkwright-Maschinen ausgerüstet und wurde durch ein Wasserrad angetrieben. Da aber die Wasserkraft unzureichend war, so baute 1784 Rigley eine Smeaton-Maschine, die dem Wasserrad das Betriebswasser wieder zuführte. Diese Maschine wurde dann später durch die oben erwähnte doppeltwirkende atmosphärische Maschine ersetzt.

7. Die Heslop-Maschine.

Eine äußerst interessante atmosphärische Maschine mit 2 Zylindern, in denen der Dampf nacheinander zur Wirkung kam, rührt von Adam Heslop her.¹⁾

Die Maschine, Fig. 80 und 81, bestand aus zwei oben offenen Zylindern, die gewöhnlich an beiden Enden des Balanciers angeordnet waren; ausnahmsweise standen wohl auch beide Zylinder nebeneinander an einem Ende des Balanciers.

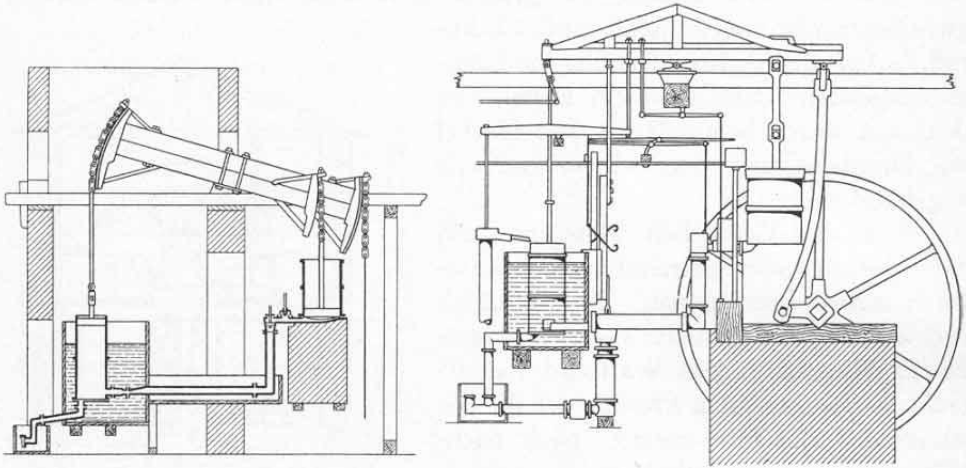


Fig. 80 und 81. Heslop-Maschine 1790.

(Nach Patentzeichnung, Engineer 1879, I., S. 69.)

Die Maschine wirkte in der Weise, daß der Dampf zuerst unter den Kolben des „receiving cylinder“ trat und hier die Aufwärtsbewegung verursachte, dann beim Aufwärtshub, der durch das Übergewicht des Pumpenstänges bewirkt wurde, in den tiefer stehenden zweiten Zylinder, den Arbeitszylinder überströmte, hier kondensiert wurde, so daß der äußere Luftdruck den Abwärtsgang in dem zweiten Zylinder verursachte. In der Praxis nannte man den ersten Zylinder den „heißen“, den zweiten den „kalten“ Zylinder. Der kalte Zylinder war genau genommen nichts anderes als ein Kondensator mit Kolben, wohl deshalb nur wurde das Patent trotz der Wattschen Patente erteilt. Der Dampf wirkte in dem warmen Zylinder mit einem geringen Überdruck gegen die Atmosphäre, um die Aufwärtsbewegung einzuleiten. Dieser Überdruck wurde dem Dampf bei dem Überströmen zu dem kalten Zylinder bereits entzogen, so daß er in dem Arbeitszylinder selbst genau wie bei den atmosphärischen Maschinen höchstens einen Druck gleich dem äußeren Luftdruck hatte. Der in den Kaltwasser-

¹⁾ s. Patent vom 7. Juli 1790 Nr. 1760. Engineer 1879, 24. Jan.; Proc. Inst. Mech. Eng. 1879 und 1903.

behälter eingebaute kalte Zylinder stand tiefer als der warme Zylinder, damit kein Kühlwasser in den warmen Zylinder eindringen konnte.

Bei der ersten Ausführung hingen beide Kolben in der üblichen Weise mit Ketten an dem Balancier. Da mit diesen Ketten naturgemäß nur Zugkräfte übertragen werden konnten, so half man sich in der Weise, daß man beide Kolben mit schweren Roheisenklötzen belastete, so daß sie sich im Ruhezustand der Maschine gegenseitig das Gleichgewicht hielten. Dieses Gleichgewicht wurde dann gestört, sobald Dampf von geringem Überdruck unter den Kolben des warmen Zylinders einströmte; der Kolben des kalten Zylinders erhielt dann zugunsten des Arbeitshubes das Übergewicht.

Bei späteren Ausführungen, die als Fördermaschinen auch Kurbel und Schwungrad aufwiesen, arbeitete der warme Zylinder mit Kreuzkopf, der zwischen Gleitschienen geführt wurde, und Schubstange auf die Kurbelwelle. Die Kolbenstange des kalten Zylinders zeigte noch das Wattsche Parallelogramm als Gradführung.

Die Dampfverteilung geschah durch Ventile, die in gleicher Weise wie bei den vorher besprochenen Maschinen von dem Steuerbaum aus bewegt wurden.

Die Heslop-Maschine bestand also aus zwei einfachwirkenden Zylindern, die gleichzeitig ihren Arbeitshub ausführten, während der darauf folgende Hub, bei den Wasserhaltungsmaschinen durch das Übergewicht des Pumpengestänges, bei den Maschinen mit Drehbewegung durch eine besonders schwere Schubstange und Schwungrad ermöglicht wurde.

Das Volumenverhältnis beider Zylinder scheint man nicht nach bestimmten Regeln festgesetzt zu haben. Nach der Patentzeichnung hatten beide Zylinder ungefähr das gleiche Volumen. Bei späteren Ausführungen wurde der kalte Zylinder immer wesentlich kleiner genommen, als der warme Zylinder. War der warme Zylinder zuerst nur etwa 8 v. H. größer, so findet man bei späteren Ausführungen ein um 53 bis 87 v. H. größeres Volumen gegenüber dem kalten Zylinder.

Die Heslop-Maschine hat besonders bei den Kohlengruben Cumberlands Verbreitung gefunden. Etwa 15 Maschinen lassen sich sicher nachweisen; es ist sehr wahrscheinlich, daß noch mehr in den dortigen Gegenden im Betrieb waren.

1878 liefen noch vier dieser Maschinen; eine davon wurde damals im Kensington-Museum aufgestellt, wo sie heute neben den Wattschen Maschinen das Interesse der Besucher im hohen Maße auf sich zieht.¹⁾

Die Maschine, Fig. 82, die 1795 von Heslop erbaut wurde, hat 34 Zoll (864 mm) Zylinderdurchmesser bei 34 Zoll (864 mm) Hub des heißen Zylinders; die Luftpumpe zeigt 12,5 Zoll (317 mm) Zylinderdurchmesser bei 17 Zoll (432 mm) Hub.

¹⁾ Die Heslop-Maschine ist im Katalog des Kensington-Museums unter Nr. 64 S. 29 besprochen. Die photogr. Aufnahme war durch die Stellung der Maschine sehr erschwert. Umsomehr bin ich dem Museum zu Dank verpflichtet, daß in der vorliegenden Arbeit zum ersten Mal dieses interessante Bild veröffentlicht werden kann.

Der Arbeitsdruck der Heslop-Maschine wird zu 3 Pfd./Qu-Zoll (0,21 kg/qcm) Überdruck angegeben. Die Hauptmaße einer 1809 ausgeführten Fördermaschine zeigen einen Kurbelhub von 5 Fuß 6 Zoll (1676 mm). Der warme Zylinder hatte 44 Zoll (1118 mm) Durchmesser und 3 Fuß 7 Zoll (1092 mm) Hub, der kalte Zylinder 28 Zoll (711 mm) bei 4 Fuß 9 Zoll (1448 mm) Hub.



Fig. 82. Heslop-Maschine 1795.

(Original im Victoria and Albert Museum, South-Kensington.)

Während die Maschinen vor 1800 mit Rücksicht auf die Wattschen Patente keine Luftpumpe aufweisen, sondern die Entlüftung in der alten Weise durch ein Schnüffelventil besorgen, zeigt diese Maschine eine Luftpumpe von 14 Zoll (356 mm) Durchmesser. Das Schwungrad maß 20 Fuß (6,1 m) im Durchmesser. Der Druck im Kessel betrug 20 Pfd./Qu-Zoll. (1,4 kg/qcm), beim Eintritt in den heißen Zylinder war der Dampfdruck 16,5 Pfd. (1,16 kg/qcm).

Erst 1890 kam die letzte Heslop-Maschine außer Betrieb.

8. Berechnung und Betriebsverhältnisse der atmosphärischen Maschinen.

Wie Newcomen seine ersten Maschinen berechnete, hat uns Desaguiliers mitgeteilt.¹⁾

Er rechnet statt mit Quadratzoll mit sog. Kreis Zoll²⁾, die man durch Quadrierung des Zylinderdurchmessers erhielt, d. h., man rechnete mit dem um den Zylinder beschriebenen Quadrat statt mit dem Kreisquerschnitt, den auszurechnen man zu schwierig fand. Den Luftdruck auf einen Kreis Zoll nahm Newcomen zu 12 Pfd. für den Kreis Zoll, gleich 15,3 Pfd./Qu.-Zoll (1,076 kg/qcm), an, das war zu viel, da der Druck der Atmosphäre bei 30 Zoll Quecksilbersäule $14\frac{3}{4}$ Pfd./Qu.-Zoll (1,037 kg/qcm) beträgt. Die ersten Newcomen-Maschinen hatten 22 Zoll (559 mm) Zylinderdurchmesser — somit 484 Kreis Zoll. Den Luftdruck auf den Kolben erhielt Newcomen in „long hundred-weights“ (= 120 lbs.), wenn er mit 12 (Luftdruck auf 1 Kreis Zoll) multiplizierte und durch 120 dividierte. Das führte dann zu der einfachen „Regel“: „Der Zylinderdurchmesser sei 22 Zoll, ins Quadrat erhoben gibt 484, man schneide die letzte Ziffer ab und füge eine Null hinzu, man erhält dann als gesamten Luftdruck auf den Kolben 48 cwt. 40 lbs.“

Auf Reibungswiderstand und unvollkommenes Vakuum rechnete Newcomen $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ des Luftdrucks.

1719 gab Beighton für die Berechnung der Maschinen Tabellen heraus, mit deren Hilfe auch der mit dem Rechnen wenig vertraute Maschinenbauer die Abmessung der Zylinder und die Leistung der Maschine leicht bestimmen konnte. Beighton nahm an, daß die Maschine mit 8 Pfd./Qu.-Zoll (0,56 kg/qcm) Kolbenfläche belastet werden könne, dabei sollte sie 16 Hübe in der Minute zu je 6 Fuß (1,8 m), d. h. 192 Fuß minutliche Kolbengeschwindigkeit (0,975 m/sek.) erreichen. Viele Jahre wurde mit diesen 8 Pfd./Qu.-Zoll allgemein gerechnet, aber die Geschwindigkeit, die Beighton angegeben hatte, wurde nicht erreicht, deshalb nahm man später geringere Nutzbelastungen von 7 (0,49 kg/qcm) oder gar 6 Pfd./Qu.-Zoll (0,42 kg/qcm) an.

Anfangs scheint man sich nur um den Durchmesser des Dampf- und Pumpenzylinders und um die Größe der von der Pumpe zu hebenden Wassersäule gekümmert zu haben. Von der Leistung, als dem Produkt aus Kraft mal Geschwindigkeit wird zunächst noch nicht gesprochen.

Erst zu Smeatons Zeit begann man sich auch mit den durch eine Maschine erreichbaren Höchstleistungen zu beschäftigen und Versuche hierüber anzustellen. Besonders bemerkenswert sind wieder Smeatons Unter-

¹⁾ s. Farey, Steam Engine, London 1827, S. 156.

²⁾ Die „Kreis Zoll“-Angaben finden sich noch bis in die 30er Jahre des vorigen Jahrhunderts; s. Severin, Beiträge, Berlin 1826.

suchungen. 1767 beobachtete er die erste größere Feuermaschinenanlage. Es fiel ihm besonders auf, daß durch die Umkehr der Bewegungsrichtung bei jedem Hub ein großer Verlust entstehen müsse, da stets große bewegte Massen abwechselnd verzögert und wieder beschleunigt werden mußten. Um diesen Verlust zu vermindern, vergrößerte er den Hub und verringerte entsprechend die Hubzahl. Gleichzeitig suchte er durch reichliche Einspritzung das Vakuum wesentlich zu verbessern, also den wirksamen Kolbendruck zu vergrößern. Er machte den Balancier ungleicharmig, so zwar, daß er bei einem Pumpenhub von 6 Fuß (1,8 m), einen Kolbenhub im Dampfzylinder von 9 Fuß (2,7 m) erhielt. Den Zylinderdurchmesser nahm er nur zu 18 Zoll (457 mm), und er erwartete hiervon besonders deshalb eine bessere Wirkung der Kondensation, weil bei dem engen Zylinder jedes Dampfteilchen näher an der Metallfläche wäre. Den effektiven Kolbendruck nahm er zu $10\frac{1}{4}$ Pfd./Qu.-Zoll (0,72 kg/qcm). Bei den ersten Versuchen war Smeaton auf das äußerste überrascht, daß er ganz gegen seine bestimmten Erwartungen wesentlich mehr Einspritzwasser brauchte als früher. Der Zylinder war so kalt, daß er bequem überall berührt werden konnte, ja selbst in den Heißwasserkasten, dem unmittelbar das Kondenswasser aus dem Zylinder zufließte, konnte man längere Zeit die Hand halten. Der Kohlenverbrauch der Maschine war außerordentlich hoch. Als man den Hub verminderte, die Hubzahl vergrößerte und mit $8\frac{1}{4}$ Pfd./Qu.-Zoll statt mit $10\frac{1}{4}$ (0,58 statt 0,72 kg/qcm) arbeitete, lief die Maschine wesentlich besser. Der Zylinder blieb warm und das Kondensationswasser hatte beim Austritt noch 160° F. (71° C.). Die Leistung stieg, der Verbrauch an Einspritzwasser und Brennmaterial ging erheblich zurück. „Dies überzeugte mich,“ schrieb Smeaton¹⁾, „daß eine sehr beträchtliche Kondensation des Dampfes beim Eintritt in den Zylinder stattfand, und daß ich deshalb auf diese Weise durch die starke Abkühlung des Zylinders mehr verloren als ich durch Vergrößerung der Belastung gewonnen hatte.“

Durch weitere Versuche bemühte sich Smeaton, die Größe dieser Innenkondensation bei verschiedenen Betriebsverhältnissen festzustellen und die Werte zu finden, bei denen die höchsten Leistungen erreicht werden konnten.²⁾

Smeatons Verdienst war es, nachgewiesen zu haben, daß die Verbesserung des Vakuums durch vermehrte Einspritzung nur bis zu einer gewissen Grenze die Leistung der Maschine erhöhe, daß über diese Grenze hinaus die vermehrte Innenkondensation den Vorteil überwiege. Es bildete sich

¹⁾ s. Farey, S. 158.

²⁾ Der Gegendruck wurde etwa zu 4 Pfd./Qu.-Zoll (0,28 kg/qcm) angenommen, was einer Temperatur von etwa 154° F. (68° C.) entspricht; gewöhnlich war das abfließende Kondenswasser noch heißer. Smeaton fand bei einer ganzen Anzahl Maschinen Temperaturen von 142 bis 174° F. (61 bis 79° C.). Wie groß das Vakuum im normalen Betrieb gewesen sein mag, ist schwer noch festzustellen. Versuche, die Hornblower an Cornwall-Maschinen machte, ergaben im Mittel 0,19 kg/qcm.

aus diesem Grunde in der Praxis die Regel aus, sich mit einer Nutzlast von 7 bis 7,5 Pfd./Qu.-Zoll (0,49 bis 0,53 kg/qcm) zufrieden zu geben. Bei dieser Belastung machte Smeatons beste Maschine etwa 12 Arbeitshübe von 7 Fuß (2,1 m) in der Minute, erreichte somit eine Kolbengeschwindigkeit von 168 Fuß in der Minute (0,85 m/sek).

Die große Bedeutung, die Smeaton der Eintrittskondensation zuschrieb, ließ ihn nach Mitteln sinnen, sie zu vermindern. So brachte er einen kleinen Lufthahn an, der einer geringen Menge Luft stets den Zutritt zum Zylinder frei gab. Die Luft sollte an der Innenwand gleichsam einen Wärmeschutz bilden und den frischen Dampf hindern, die Metallflächen zu berühren. Später ließ man den Hahn weg, weil man einsah, daß auch ohne diesen Lufthahn die undichten Stellen der Maschine genügend Luft einließen.

Für den Betrieb gab Smeaton die Vorschrift, den Dampf vor Ende des Hubes abzuschließen, zuletzt also die Expansionskraft des Dampfes zu benutzen und die Bewegungsenergie der bewegten Massen aufzubrechen, um stoßfreien Hubwechsel zu ermöglichen. Kurz vor dem Ende des Aufwärtshubes sollte der Einspritzhahn geöffnet werden.

Wenn nicht mit voller Belastung gearbeitet wurde, so suchte man durch geringere Einspritzung mangelhafteres Vakuum zu erzielen. Das Gleiche erreichte man durch Einlassen der Luft, oder man verkleinerte im Schnüffelventil die Austrittsöffnung der Luft beim Kolbenabwärtsgang. Die Einführung des Katarakts führte zum Regulieren der Hubzahl. Auch die Zeit des Aufwärtsganges und damit die Zahl bzw. die Größe der Leistung suchte man in der Weise zu regulieren, daß man durch Verstellen des Rauchschiebers die Größe des Dampfüberdruckes beeinflusste.

Smeaton faßte 1772 die Ergebnisse seiner Untersuchungen in einer übersichtlichen Tabelle zusammen, aus der die Hauptabmessungen, die Leistung und der Kohlenverbrauch von 32 Maschinengrößen von 1,2 bis 78 PS, bzw. 10 bis 72 Zoll (254 bis 1829 mm) Zylinderdurchmesser, zu ersehen war. Danach leistete eine Smeaton-Maschine von 42 PS, 10,83 Mill. Fußpfund, mit einem Scheffel (84 Pfd. = 38,1 kg) bester Newcastler Kohlen (39 299 mkg mit 1 kg Kohle).¹⁾ Die Maschine hatte einen 52 Zoll (1321 mm) weiten Zylinder und machte 11¹/₂ Hübe in der Minute zu je 7 Fuß 4 Zoll (2,24 m).

Smeatons Versuche, die er 1769 an 15 atmosphärischen Maschinen bei Newcastle angestellt hatte, ergaben eine durchschnittliche Leistung von 5,59 Mill. Fußpfund (20 283 mkg für 1 kg Kohle); sie schwankte zwischen 3,28 bei einer Maschine von 20 Zoll (508 mm) Zylinderdurchmesser und 7,44 Mill. Fußpfund bei einer Maschine von 42 Zoll (1067 mm) Zylinderdurchmesser (11 901 bis 26 996 mkg für 1 kg Kohle).

Einige Diagramme mögen noch näheren Aufschluß über den Arbeitsvorgang der atmosphärischen Maschine geben.

¹⁾ s. Farey, S. 183.

Das Diagramm¹⁾ Fig. 83 wurde 1895 von einer um 1746 bis 1760 zu Ashton Vale Iron Works in Bristol erbauten Pumpmaschine entnommen. Die Maschine wurde erst 1900 abgebrochen.

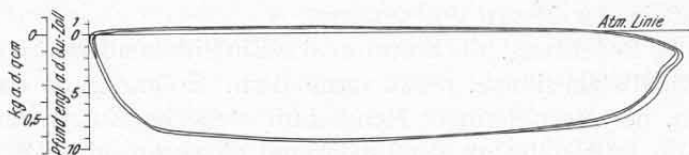


Fig. 83. Diagramm zu einer atm. Maschine.

Zylinderdurchmesser 5 Fuß 6 Zoll (1676 mm).
 Hub 6 Fuß (1,83 m).
 Zahl der Hübe in der Minute: 10.
 Druck im Kessel: 2,3 Pfd./Qu.-Zoll (0,16 kg/qcm).
 Leistung etwa 52 PS.

Die Diagramme²⁾ Fig. 84 und 85 sind 1903 einer atmosphärischen Fördermaschine, die mit „Pickle-pot“-Kondensator ausgerüstet war, entnommen. Bei dem oberen Diagramm wurde die Maschine von der Hand, bei dem unteren in üblicher Weise selbsttätig gesteuert.

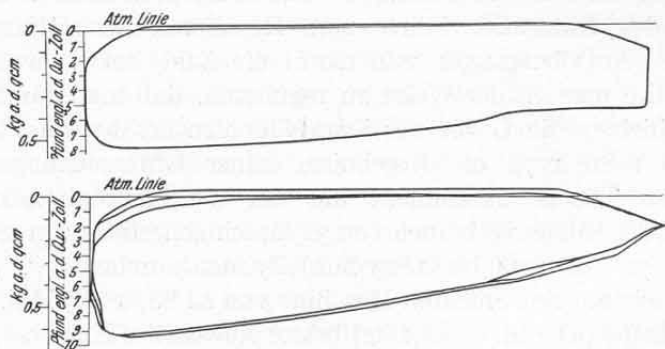


Fig. 84 und 85. Diagramm zu einer atm. Fördermaschine.

Zylinderdurchmesser $28\frac{1}{2}$ Zoll (724 mm).
 Hub 5 Fuß (1,52 m).
 Mittlerer Druck 6,8 Pfd./Qu.-Zoll (0,48 kg/qcm).
 Anzahl der Umdrehungen: 30.
 Leistung 19,7 PSi.

¹⁾ s. Pearson, Proc. Inst. Mech. Eng., 1903, S. 683, Taf. 19.

²⁾ s. Davey, Proc. Inst. Mech. Eng., 1903, Taf. 27.

III.

Die Wattsche Dampfniederdruckmaschine.

1. Watts erste Versuche und Erfindungen.

Erste Anregung. — Versuche. — Die ersten Ausführungen. — Einspritz- und Oberflächenkondensator. — Das Patent vom Jahre 1769.

Während die Newcomen-Maschine, durch Smeaton verbessert, sich in die großen Betriebe der Bergwerksindustrie als notwendiger Helfer im Kampfe mit dem Wasser immer mehr einführte, bereitete sich in der bescheidenen Mechanikerwerkstatt der Universität Glasgow jene große Erfindung des genialen Schotten James Watt vor, die an weittragender Bedeutung in der ganzen Dampfmaschinengeschichte nichts ihresgleichen hat.¹⁾

Watts Aufmerksamkeit wurde 1759 zuerst durch Dr. Robison auf die Dampfkraft gerichtet. Robison, der damals in Glasgow studierte, wollte die Dampfkraft als Verkehrsmittel zum Fortbewegen von Wagen anwenden; Watt, den er als äußerst geschickten Mechaniker kannte, sollte ihm helfen, diese Idee auszuführen. Doch es blieb zunächst bei einem bloßen Gedankenaustausch, der durch eine Auslandsreise Robisons auch bald unterbrochen wurde. Erst drei Jahre später, 1762, begann sich Watt wieder mit der Dampfkraft zu beschäftigen. Er baute eine kleine Hochdruckdampfmaschine, mit der er die Größe des Dampfdruckes zu bestimmen suchte. Ein Papinscher Topf war der Dampfkessel, ein $\frac{1}{3}$ Zoll weites Spritzenrohr der Dampfzylinder. Der Dampf wurde durch einen Hahn zugeführt, ein auf dem massiven Kolben angebrachtes Gewicht von 15 Pfd. (6,8 kg) diente als Maß für die Größe des Druckes. Da aber Watt von der Saveryschen Hochdruckmaschine her wohl wußte, welche Gefahren hochgespannter Dampf im Betriebe mit sich führte, wie vor allem es kaum möglich war, die einzelnen Verbindungsstellen an der Maschine dauernd dicht zu halten, so glaubte er, von der Konstruktion einer Hochdruckmaschine mit Auspuff absehen zu sollen, um so mehr, da er auch meinte, mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit des ganzen Betriebes nicht auf ein Vakuum verzichten zu können. Immerhin nahm er die Idee der Hochdruckmaschine ohne Kondensation mit in sein Patent auf.

¹⁾ Es ist als ein seltenes Glück zu betrachten, daß wir über den Werdegang gerade dieser Erfindung sehr genau durch die Berichte der Zeitgenossen, durch Protokolle von Gerichtsverhandlungen, durch den Erfinder selbst und einen ausführlichen Briefwechsel zwischen den Beteiligten unterrichtet sind. Eine ganze Anzahl Wattscher Originalmodelle sind auch noch auf uns gekommen, und im Kensington-Museum zu London können wir sogar noch eine große Wattsche Betriebsmaschine aus jener großen Zeit studieren.

Berufsgeschäfte verhinderten Watt zunächst, die Versuche mit der Dampfkraft weiter zu verfolgen. Da wurde er im Winter 1763—1764 beauftragt, das der Universität gehörige Modell einer Newcomen-Maschine in gebrauchsfähigen Zustand zu setzen. Zunächst war es ihm eine Aufgabe wie jede andere seines Mechanikerberufes, nichts weiter wurde ja von ihm verlangt, als einen physikalischen Apparat, ein interessantes mechanisches Spielwerk, wieder benutzbar zu machen. Sein Bestreben aber, jeder Sache auf den Grund zu gehen, seine großartige Fähigkeit, zu beobachten, aus den Beobachtungen heraus Fragen aufzustellen und mit zähester Ausdauer auch die Antwort auf diese Fragen zu suchen, machte diesen an sich sehr gleichgültigen Vorgang zum Ausgang der bahnbrechenden Erfindungen. Watt beobachtete, als er sein Modell in Betrieb setzte, daß der Kessel, obwohl er anscheinend im Verhältnis zum Zylinder groß genug war (der Zylinder war 2 Zoll (50,8 mm) im Durchmesser, der Kessel etwa 9 Zoll (229 mm), doch nicht genügend Dampf auch nur für wenige Hübe liefern konnte. Ferner sah Watt, daß sehr viel Einspritzwasser notwendig war, um die Maschine auch bei geringer Belastung nur im Gange zu erhalten. Watt überlegte, daß diese Verhältnisse durch die kleinen Abmessungen des Modells ungünstig im Vergleich zu den großen Maschinen beeinflußt würden. Ferner kam hinzu, daß der aus Bronze gefertigte kleine Zylinder die Wärme noch besser leitete als die großen gußeisernen Zylinder. Jedenfalls mußten sich beträchtliche Vorteile ergeben, wenn man den Zylinder aus einem schlechten Wärmeleiter fertigte.

Die Watt damals bekannte und zugängliche Literatur über Dampfmaschinen, besonders die Werke von Desaguliers und Belidor, gaben ihm keinerlei Aufklärungen hierüber.

Watt machte deshalb weitere Versuche mit einer kleinen Maschine mit hölzernem Zylinder von 6 Zoll (152,4 mm) Durchmesser und 12 Zoll (304,8 mm) Hub. Aber der hölzerne Zylinder war sehr wenig dauerhaft und zeigte keineswegs die Vorteile, die man von ihm erwartete. Auch jetzt war die Eintrittskondensation übermäßig groß; steigerte man, um eine bessere Luftleere zu erhalten, die Menge des Einspritzwassers, so stieg der Dampfverbrauch ganz gewaltig; das Einspritzwasser verdampfte zum Teil in dem Vakuum des heißen Zylinders und erhöhte den Gegen- druck, verschlechterte also die Luftleere. Um über diese Vorgänge sich Klarheit zu verschaffen, stellte Watt zunächst Versuche über die Siedetemperatur des Wassers bei verschiedenen Drücken an. Die Versuchsergebnisse trug er graphisch auf und aus den so erhaltenen Kurven zog er mit der für seine Zwecke genügenden Genauigkeit seine Schlüsse.¹⁾ Aus

¹⁾ Ausführliches hierüber s. Ernst, James Watt und die Grundlage des modernen Dampfmaschinenbaues, Z. d. V. d. Ing. 1896, S. 977. Die Wattschen Beobachtungswerte zeigen eine überraschend gute Übereinstimmung mit den heute benutzten, von Regnault 1847 ermittelten Werten.

allen den Versuchen schloß Watt: ein Vakuum sei nur zu erzielen durch sehr reichliche Einspritzung, d. h. durch starke Abkühlung des Zylinders; der durch die Wiedererwärmung des Zylinders erhöhte Dampfverbrauch stehe aber in keinem Verhältnis zu dem durch das verbesserte Vakuum erzielten Kraftgewinn. Watt machte also dieselbe Erfahrung wie Smeaton, und auch er glaubte, mit Rücksicht auf den wirtschaftlichen Betrieb auf ein hohes Vakuum verzichten zu sollen; er gab sich zufrieden, zunächst die Maschine nur mit einer Nutzlast von 6 bis 7 Pfd./Qu.-Zoll (0,42 bis 0,49 kg/qcm) laufen zu lassen. Nachdem Watt noch in einfachster Form Versuche über das spezifische Dampfvolumen angestellt und, entgegen Desaguliers, dessen Angaben ihm sofort irrtümlich erschienen waren, die Zahl 1800 bei 100° C. gefunden hatte, fuhr er mit seinen Dampfverbrauchs-Versuchen fort. Wieder konnte er sich die Menge des erforderlichen Einspritzwassers nicht erklären, ebensowenig aber war ihm die hohe Temperatur verständlich, die allein von der geringen Menge Wasser, die in Form von Dampf zum Füllen des Zylinders benutzt wurde, herrühren konnte.

In der Annahme, er habe sich geirrt, machte Watt einen einfachen Versuch mit einem Teekessel, dessen Dampf er durch Glasröhren in ein Glas mit Brunnenwasser so lange leitete, bis das Wasser im Glas fast kochend war und aufhörte, den Dampf noch zu kondensieren. Der zu Wasser gewordene Dampf hatte das Wasser im Gefäß nur um ein Sechstel seines Inhalts vermehrt, folglich „kann Wasser in Dampf verwandelt etwa sechsmal sein eigenes Gewicht Brunnenwasser bis 212° erwärmen oder bis es keinen Dampf mehr niederschlagen kann“.

Watt war über dieses merkwürdige Ergebnis seines Versuches außerordentlich erstaunt und teilte es seinem Freunde Dr. Black sofort mit, der ihn darauf hin mit seiner Entdeckung der im Dampf gebundenen Wärme („latent heat“), die er im Sommer 1764 zuerst vorgetragen hatte, bekannt machte. „Weiter überlegend“, fährt Watt in der Erzählung seiner Erfindung fort, „bemerkte ich, daß zur besten Ausnutzung des Dampfes es notwendig war, erstens den Zylinder immer so heiß zu halten als den eintretenden Dampf, zweitens das Kondens- und Einspritzwasser auf 100° oder niedriger, wenn es möglich wäre, abzukühlen. Die Mittel, diese beiden Bedingungen zu erfüllen, kamen mir nicht unmittelbar in den Sinn, aber anfangs des Jahres 1765 fiel es mir ein, wenn man einen Zylinder, der Dampf enthält, und ein anderes Gefäß, aus welchem man die Luft und andere Flüssigkeiten entfernt hätte, in Verbindung brächte, der Dampf als elastische Flüssigkeit unmittelbar in das leere Gefäß stürzen würde, und zwar so lange, bis ein Gleichgewichtszustand herrscht; wenn man dieses Gefäß durch Einspritzung oder anderswie sehr abkühlte, so würde noch weiterer Dampf eindringen, bis er ganz niedergeschlagen wäre. Wenn aber beide Gefäße ganz oder fast ganz entleert wären, wie sollte man das Einspritzwasser, die Luft, die mit diesem hineingekommen war, und das Kondenswasser herausbekommen? Das ließ sich auf zwei Wegen erreichen;

der eine war: an dem zweiten Gefäß eine Röhre anzubringen, die mehr als 34 Fuß abwärts reichte, durch die das Wasser abfließen würde, während man die Luft mit Hilfe einer Pumpe herausschaffen müßte. Der zweite Weg war: ein oder mehrere Pumpen anzuwenden, um Luft und Wasser zusammen heraus zu bringen, das würde überall anwendbar sein, auch da, wo weder Brunnen noch Schacht vorhanden wäre.“ Damit war die Frage, einen luftleeren Raum unter dem Kolben zu schaffen, ohne den Zylinder durch Einspritzen kalten Wassers abzukühlen, gelöst.

Bei den bisherigen Maschinen sollte abwechselnd ein und dasselbe Gefäß so heiß wie möglich und so kalt wie möglich sein; in dieser nicht erfüllbaren Forderung lag das unüberwindliche Hindernis für jede weitere Entwicklung. Aus diesen sich widersprechenden Bedingungen zeigte Watts Idee, die ihm nach langen eingehenden Versuchen und ernstem Nachdenken schließlich plötzlich gleich einer Eingebung gekommen war, den einzig möglichen Ausweg. Die weitere Entwicklung ergab sich, wie Watt selbst erzählt, durch einfache logische Folgerungen aus dem Erfindungs-Grundgedanken. Im Laufe weniger Tage war die Erfindung in seinem Kopf fertig, und sofort ging er daran, durch einen Versuch die praktische Ausführbarkeit nachzuweisen, was ihm vollständig gelang.

Diesen geschichtlichen denkwürdigen Versuchsapparat, die erste wirkliche „Dampf“maschine, mit Luftpumpe und vom Zylinder getrenntem Kondensator, zeigen die Fig. 86 und 87. Der von Watt 1765 angefertigte Apparat gehört heute zu den wertvollsten Stücken der im Kensington-Museum aufgestellten „Watt-Collection“.¹⁾

Er besteht aus einem mit Dampfmantel versehenen, 1,4 Zoll (36 mm) weiten Zylinder, in dem sich ein mit Hanf gedichteter Kolben bewegen konnte. An der nach unten austretenden Kolbenstange hing ein Gewicht von 18 Pfund (8,16 kg). Neben dem Zylinder ist ein aus Metall gefertigter Kasten angeordnet, von dem zwei senkrechte Röhren ausgehen. Die neben dem Zylinder angeordnete, oben geschlossene Röhre dient als Kondensator, die zweite, größere als Luftpumpenzylinder. Beide münden in einem Kalt-

¹⁾ Die Schnittzeichnung des Apparates Fig. 87 ist angefertigt nach Edw. A. Cowper, On the inventions of James Watt and his models, s. Proc. Inst. Mech. Eng., Nov. 1883, S. 599. Diese geschichtlich höchst interessante Arbeit enthält wertvolle Angaben über Watts Erfindungen auf den verschiedensten Gebieten. Beschreibung des Apparates s. auch Catalogue of the mech. Engin. Collection of the Victoria and Albert Museum, South Kensington, London 1901, S. 16. Für Watts Arbeiten ist eine der wichtigsten Quellen: Muirhead, the mechanical inventions of James Watt, London 1854. Die drei Bände dieses Werkes enthalten auch sämtliche Patente Watts nebst Zeichnungen und einen ausführlichen Briefwechsel. Ferner behandelt sehr ausführlich die Wattschen Arbeiten Farey, Steam Engine, London 1827. — Sehr wichtig ist auch: Robison, Mechanical Philosophy with notes and additions by James Watt, ed. by Sir Brewster 1822, Bd. II. (Watts Mitteilungen stammen aus dem Jahre 1814.) Eine sehr interessante Arbeit über James Watt und die Grundlagen des modernen Dampfmaschinenbaues veröffentlichte Ad. Ernst in Z. d. V. d. Ing. 1896, S. 973.

wasserbehälter. Die Luftpumpe hatte einen von Hand bewegten Kolben. Bei dem Apparat, wie er heute besteht, ist der Kondensator unmittelbar mit der Dampfleitung verbunden. Er kann unmöglich so gearbeitet haben,

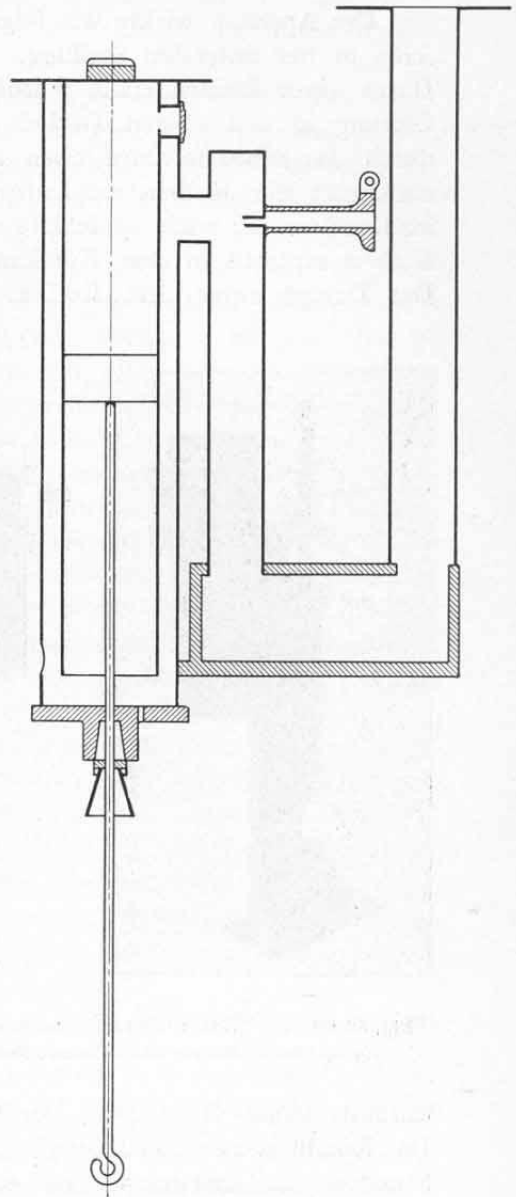
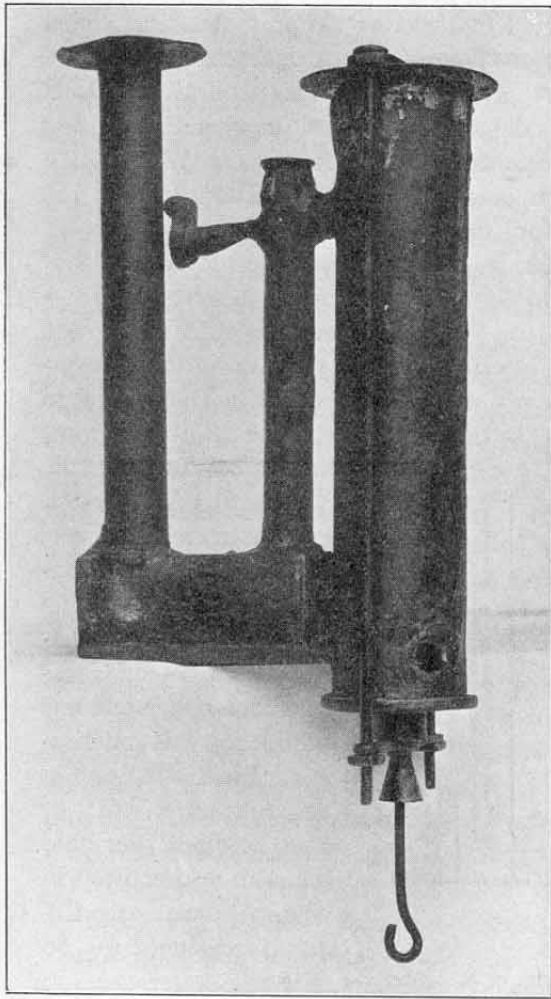


Fig. 86 und 87. Watts Versuchsapparat 1765.
(Original im Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

und es ist auch nach einigen Einzelheiten des Modells] anzunehmen, daß ursprünglich der Kondensator nicht, wie in der Zeichnung dargestellt, seitlich mit dem Dampfmantel, sondern oben mit dem Inneren des Zylinders durch die jetzt zugelötete Öffnung verbunden war. Der Grund für diese

nachträgliche irreführende Veränderung des Apparates ist nicht bekannt. Vielleicht, daß Watt selbst aus Furcht, die Vorrichtung könne in unrechte Hände fallen und so sein Geheimnis vor der Patentnahme verraten, diese Veränderung vorgenommen hat.

Der Apparat wirkte wie folgt: Dampfkolben und Luftpumpenkolben seien in der untersten Stellung; der Kondensator sei mit Wasser gefüllt. Durch einen kleinen Hahn wurde nun Dampf durch die jetzt zugelötete Öffnung in den oberen Deckel des Zylinders eingelassen und die Luft durch das Schnüffelventil oben an dem Kondensator ausgetrieben. Zog man jetzt den Kolben der Luftpumpe herauf, so folgte die Wassersäule im Kondensator nach, es bildete sich eine Luftleere; der Dampf über den Kolben strömte in den Kondensator und wurde hier niedergeschlagen. Der Dampf unter dem Kolben, der zugleich den ganzen Zylinder um-

schloß, erhielt das Übergewicht und hob den Kolben mit Belastungsgewicht. Das Vakuum betrug 24 Zoll (610 mm) Quecksilbersäule.

Neben dieser ersten Versuchseinrichtung versuchte Watt auch mehrere andere verschiedene Konstruktionen, und beschäftigte sich auch damals schon eingehend mit Oberflächen-Kondensatoren. Eine seiner ersten Konstruktionen, die er wahrscheinlich sehr bald nach dem vorher besprochenen Apparat angefertigt hat, zeigen die Fig. 88 und 89.

Der Kondensator ent-

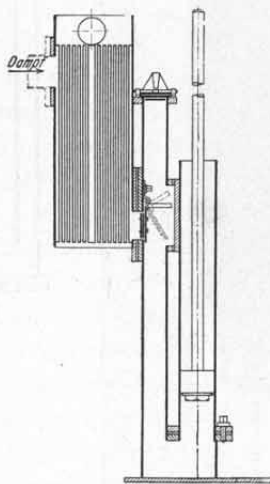
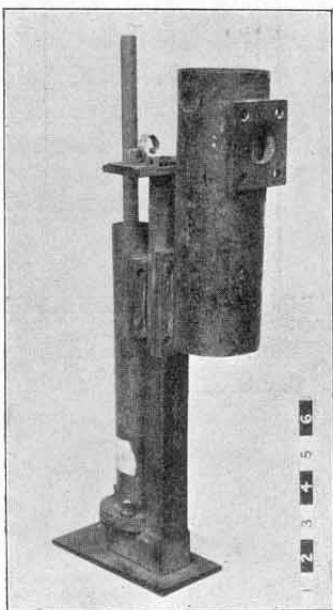


Fig. 88 und 89. Watts Oberflächenkondensator um 1765.

(Original im Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

durchströmende Kühlwasser, der Abdampf umspült diese Röhren von außen. Das Kondenswasser fließt dann durch eine unten angebrachte Klappe in das Standrohr der Luftpumpe. Die etwa vorhandene Luft tritt nach oben und kann hier durch eine Ventilklappe, die an der obersten Stelle des Standrohres angebracht ist, ins Freie strömen, sobald die Luftpumpe nach abwärts ge-

¹⁾ Die Wattsche Originalausführung dieses überaus interessanten Apparates befindet sich ebenfalls im Kensington-Museum. Quelle wie vorher.

drückt wird. Die Konstruktion zeigt also eine der wesentlichsten Bedingungen einer guten Kondensationseinrichtung, sichern und leichten Luftaustritt. So gut sich auch dieser Kondensator bewährte, so verließ Watt doch bald den Oberflächenkondensator, der schwer herzustellen und dicht zu halten war und auch im Verhältnis zu dem Einspritzkondensator viel zu teuer wurde.

Die günstigen Ergebnisse aller dieser Versuche ließen Watt hoffen, auch bei der Ausführung der Dampfmaschine im großen Erfolge zu haben. Aber dazu gehörte Geld. Schon die überaus einfach gehaltenen Versuchsgeräte, bei denen die höchstens 8 Zoll (203 mm) weiten Zylinder meistens aus Gußeisen, Luftpumpe und Kondensator aus Zinn gefertigt waren, hatten bis 1767 etwa 1000 £ erfordert, das war schon viel mehr, als Watt von seinem bescheidenen Einkommen erübrigen konnte. Eine größere Maschine auszuführen, war Watt daher erst imstande, als zunächst in Dr. Roebuck der Unternehmer gefunden war, der, von der Bedeutung der Erfindung überzeugt, die Geldmittel zu weiteren Versuchen bereitstellte. Im Winter 1768 erbaute Watt mit Roebucks Unterstützung auf einer Kohlengrube zu Kinneil unweit Borrowstoness eine größere Versuchsmaschine mit 18 Zoll (457 mm) Zylinderdurchmesser. Auf Grund der hiermit erworbenen Betriebserfahrungen wurde die Maschine nacheinander so lange verändert, bis sie einigermaßen den Anforderungen entsprach.

Gleichzeitig suchte jetzt Watt, um die Vorteile der Erfindung für sich und Dr. Roebuck ausnützen zu können, ein Patent nach: auf seine Methode, den Dampf und infolgedessen auch den Brennstoffverbrauch bei Feuermaschinen zu vermindern.

Viele Besprechungen Watts mit seinen Freunden, vor allen mit Dr. Black, sind der Feststellung des Patentanspruchs vorangegangen. Die allgemeine Fassung, die nur auf das Wesentliche der Erfindung einging und sich auf einzelne Ausführungsformen nicht einließ, hat sich dann bei den späteren erbitterten Patentprozessen als unangreifbar bewährt.

Das Patent, das Watt am 5. Januar 1769 unter Nr. 913 erhielt, dürfte zu den wichtigsten Urkunden der technischen Geschichte zählen; es sei deshalb im Wortlaut angeführt:

My Method of Lessening the consumption of steam, and consequently fuel, in fire engines, consists of the following principles:

First, that vessel in which the powers of steam are to be employed to work the engine, which is called the Cylinder in common fire engines, and which I call the Steam Vessel, must, during the whole time the engine is at work, be kept as hot as the steam that enters it; first, by inclosing it in a case of wood, or any other materials that transmit heat slowly; secondly, by surrounding it with steam or other heated bodies; and, thirdly, by suffering neither water nor any other substance colder than the steam to enter or touch it during that time.

Secondly, in Engines that are to be worked wholly or partially by condensation of steam, the steam is to be condensed in vessels distinct from the steam vessels or cylinders, although occasionally communicating with them: these vessels I call Condensers; and, whilst the engines are working, these condensers ought at least to

be kept as cold as the air in the neighbourhood of the engines, by application of water, or other cold bodies.

Thirdly, whatever air, or other elastic vapour, is not condensed by the cold of the condenser, and may impede the working of the engine, is to be drawn out of the steam vessels or condensers by means of pumps, wrought by the engines themselves, or otherwise.

Fourthly, I intend in many cases to employ the expansive force of steam to press on the pistons, or whatever may be used instead of them, in the same manner as the pressure of the atmosphere is now employed in common fire engines: in cases where cold water cannot be had in plenty, the engines may be wrought by this force of steam only, by discharging the steam into the open air after it has done its office.

Der weitere Inhalt enthält Angaben über rotierende Maschinen, verschiedene Arten der Kolbendichtung u. a. m.

Jetzt hieß es, große Maschinen für den praktischen Betrieb zu erbauen. Damit begann der Kampf mit den großen praktischen Schwierigkeiten, in dem manchmal Watt fast verzweifeln wollte; oft hat er die Wahrheit des alten englischen Sprichworts hierbei erfahren, das er gelegentlich auch erwähnte: „There is many a clip 'twixt cup and lip“.

Dazu kamen noch große Geldverlegenheiten als Dr. Roebuck zahlungsunfähig wurde. Da entstand Watt in Mathew Boulton, dem großen englischen Unternehmer, ein Helfer, der um die Ausführung der Wattschen Dampfmaschine und ihre Einführung in die Industrie sich das größte Verdienst erworben hat.

1774 siedelte Watt nach Soho bei Birmingham, dem Wohnsitz Boultons, über, und nachdem es ihm mit Unterstützung seiner und Boultons einflußreicher Freunde gelungen war, sein Patent auf 25 Jahre bis 1800 zu verlängern, erwuchs in Soho die erste große Dampfmaschinenfabrik der Welt, die das einzig dastehende Glück hatte, einen Watt als Ingenieur und einen Boulton als genialen Unternehmer an ihrer Spitze zu sehen.

2. Watts einfachwirkende Pumpmaschine.

a) Die erste Ausführung.

Die Bauart der ersten Wattschen Wasserhaltungsmaschine zeigt Fig. 90. Sie gleicht in der Gesamtanordnung noch ganz der atmosphärischen Maschine, nur ist der Kessel seitlich aufgestellt und der Zylinder steht fest verankert auf hohem, steinernem Fundament. Außerhalb der Mauer, die den Balancier zu tragen hat, steht Kondensator und Luftpumpe an derselben Stelle, wo bei den atmosphärischen Maschinen die Kaltwasserpumpe ihren Platz hatte. Zwei neben dem Zylinder angeordnete Ventile vermitteln die Dampfverteilung; die Abdampfleitung hat Gefälle zum Kondensator. Der oben offene Arbeitszylinder ist von einem zweiten gußeisernen Zylinder, der oben mit Stopfbüchse verschlossen ist, umgeben.

Beim Umbau alter atmosphärischer Maschinen wurde vielfach der alte Zylinder gleich als Dampfmantel benutzt. Der Raum über dem Kolben und der Dampfmantel sind dauernd mit dem Kessel verbunden. Der Dampf drückt den Kolben abwärts, sobald der Raum unter dem Kolben durch Öffnen des Ausströmventiles mit dem Kondensator verbunden wird. Der Überdruck des Dampfes gegenüber dem im Kondensator herrschenden Druck, und nicht der Luftdruck wie bei den atmosphärischen Maschinen, ist hier die treibende Kraft. Ist der Kolben unten angekommen, so wird das Ausströmventil geschlossen und durch Öffnen des zweiten Ventiles wird dem Dampf die Möglichkeit gegeben, unter den Kolben zu treten; der Druckunterschied zwischen den beiden Kolbenseiten verschwindet und das Übergewicht des Pumpgestänges zieht den Kolben herauf. Das Ventil, durch das der Raum über und unter dem Kolben verbunden wird, heißt „Gleichgewichtsventil“.

Die Ventile werden in der gleichen Weise wie Schieber und Hahn der atmosphärischen Maschine durch Hebel bewegt, die durch Anschläge von dem auf- und niedergehenden Steuerbaum aus betätigt werden. Die Steuerung hat die Ventile zu schließen; entsprechend angeordnete Gewichte sorgen für das Offenhalten der Ventile. Die in der Figur dargestellte Steuerung entspricht insofern nicht der wirklichen Ausführung, als hier nur eine Steuerachse gezeichnet ist, wobei eine gezwungene Abhängigkeit zwischen den beiden Ventilbewegungen besteht. Bei dem normalen Betrieb ging in der Tat die Bewegung in gezwungener Abhängigkeit vor sich, so daß man mit einer Steuerwelle hätte auskommen können; wollte man aber beim Anlassen die Luft ausblasen, so mußte man beide Ventile von Hand gleichzeitig öffnen können. Das erreichte man durch eine zweite Steuerwelle.

Die folgenschwersten Änderungen der Wattschen Maschine gegenüber der Newcomenschen waren: die Trennung des Kondensators von der Maschine, die Anordnung des Dampfmantels und der Abschluß des Zylinders gegen die Atmosphäre. Auf diesem Wege war es Watt gelungen die Eintrittskondensation, das Hauptübel der atmosphärischen Maschine, ganz außerordentlich zu vermindern.

Große Vorteile bot die Wattsche Maschine auch in der größeren Regulierfähigkeit und in der größeren Belastungsfähigkeit. Da bei der atmosphärischen Maschine der Luftdruck nicht veränderlich war und auch

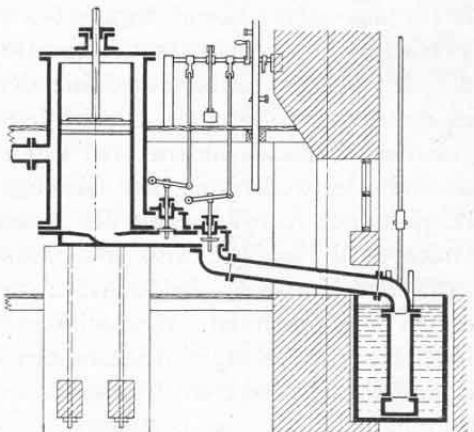


Fig. 90. Wattsche Dampfmaschine 1776.

(Nach Farey, Steam Engine, London 1827.)

die Größe des Vakuums nicht wesentlich über die übliche Grenze erhöht werden konnte, wenn nicht der Brennstoffverbrauch sehr steigen sollte, so mußte jede atmosphärische Maschine verhältnismäßig genau in ihrer Kraftleistung dem vorliegenden Fall angepaßt werden. Geschah dies nicht, so war der Betrieb nur mit allerhand Kunststücken noch durchzuführen.

Die Wattsche Maschine dagegen konnte, da bei ihr der unveränderliche Luftdruck durch einen leicht veränderlichen Dampfdruck ersetzt war, sich jeder gewünschten Leistung viel besser anpassen. Die größere Überlastungsfähigkeit war besonders bei den Wasserhaltungen der Bergwerke wertvoll, da hier beim Tiefergehen mit den Gruben die Anforderung an die Kraftleistung der Maschine stetig stieg. Eine Maschine, die für lange Zeit ausreichen sollte, mußte daher ihrer anfangs geringen Belastung entsprechend reguliert werden können; dies wurde erreicht durch Verringern der Austrittsquerschnitte, und zwar entweder in der Leitung, die den oberen Kolbenraum mit dem unteren in Verbindung setzte, oder in der Ausströmleitung. Die beiden Steuerorgane wurden zugleich zur Regulierung benutzt, indem man ihren Hub veränderlich machte, d. h. man drosselte entweder mit dem Gleichgewichtsventil und erreichte damit einen langsameren Aufwärtsgang des Kolbens oder man drosselte mit dem Ausströmventil, erhöhte also den Gegendruck und verzögerte den Abwärtsgang des Kolbens. Beide Arten der Regulierung wandte Watt bei den ersten Maschinen an, aber schon 1778 finden wir ein drittes Ventil zugefügt, das den Dampftritt in den Zylinder regulieren sollte; es war als eigentliches Drosselventil gedacht und stand zunächst noch in keinem Zusammenhang mit der Steuerung, es wurde von Hand dem Gang der Maschine entsprechend eingestellt. Gleichzeitig wurde der Dampftritt durch den Dampfmantel aufgegeben, die Dampfzuleitung mündete unmittelbar oben am Arbeitszylinder und der Dampfmantel wurde durch eine kleine Abzweigleitung von der Hauptleitung aus mit Heißdampf versorgt. Vielfach wurde auch der schwere gußeiserne Dampfzylinder durch einen schmiedeeisernen aus Blech zusammengenieteten Mantel ersetzt, der 6 Zoll (152,4 mm) vom oberen Zylinderflansch aus bis 3 Zoll (76,2 mm) vom unteren Flansch den Zylinder umgab und einen ringförmigen $1\frac{1}{2}$ Zoll (38 mm) weiten Zwischenraum ließ. Damit hatte der Dampfmantel aufgehört, ein zum Betrieb der Maschine wesentlicher Bestandteil zu sein, Watt ließ deshalb auch, um Kosten zu sparen, bei einigen Maschinen den Dampfmantel ganz weg. „Aber“, schrieb Watt 1778 an Smeaton, „wir hatten keine Ursache, unsere Sparsamkeit zu loben, da der Brennstoffverbrauch wesentlich größer war.“¹⁾

Die neue Anordnung vom Jahre 1778 mit besonderem Dampfmantel und drei Steuerventilen zeigt Fig. 91. Die Wirkungsweise blieb unverändert.

¹⁾ s. Farey, Steam engine, S. 329; ferner Ernst, Z. d. V. d. Ing. 1896, S. 982, wo auf die Bedeutung des Wattschen Dampfmantels näher eingegangen wird.

Noch eine andere Anordnung war denkbar. Statt wie jetzt beim Aufwärtshub über und unter dem Kolben Dampf, konnte man über und unter dem Kolben Luftleere haben, d. h. man konnte beim Aufwärtshub beide Kolbenseiten mit dem Kondensator statt mit dem Dampfraum verbinden. Diese Ausführung vom Jahre 1780 zeigt Fig. 92. Das obere Dampfventil ist jetzt mit der Steuerung verbunden und wird bei dem Aufwärtshub geschlossen, während gleichzeitig das zweite, das Gleichgewichtsventil, geöffnet wird, wodurch, da ein Ausströmventil gar nicht vorhanden ist, beide Kolbenseiten mit dem Kondensator verbunden werden. Der

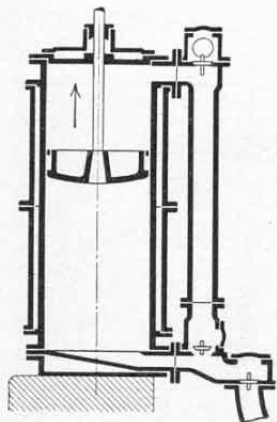


Fig. 91. Wattscher Dampfzylinder 1778.

Raum unter dem Kolben stand also stetig mit dem Kondensator in Verbindung; man versprach sich hiervon ein besseres Vakuum, weil hierbei der Kondensator während des ganzen Aufwärtshubes noch zur Herstellung des Vakuums unter dem Zylinder tätig sein konnte. Dieser Vorteil machte sich im praktischen Betrieb wenig bemerkbar; eine genügend

schnelle Kondensation konnte man auch erreichen, wenn man die Ausström-

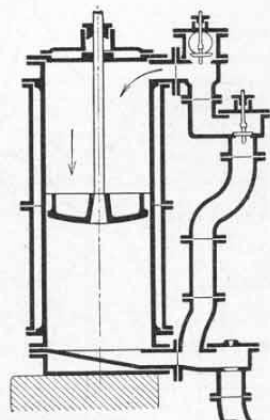


Fig. 92. Wattscher Dampfzylinder 1780.

röhre nur genügend groß machte, dagegen hatte diese Anordnung den Nachteil, daß durch den Zylinderdeckel und die obere Stopfbüchse leicht Luft in den Zylinder kam, wodurch das Vakuum wesentlich verschlechtert wurde. Auch der Dampfmantel erwies sich hierbei nicht so günstig, da dem Heißdampf wesentlich mehr Wärme entzogen wurde, als bei der früheren Anordnung. Nur wenige Maschinen wurden daher in dieser Weise ausgeführt und auch diese wurden bald umgebaut.

b) Watts normale Wasserhaltungsmaschine.

Die Wasserhaltungsmaschine hatte schon etwa fünf Jahre nach dem Beginn der eigentlichen Fabrikation feststehende Formen angenommen, die nur wenige Veränderungen in den folgenden Jahrzehnten erfuhren. Diese vorbildliche Wattsche Wasserhaltungsmaschine zeigt Fig. 93. Die Dampfverteilung geschah durch drei Ventile, von denen das Dampfeinlaßventil und das Auslaßventil in der üblichen Weise durch Hebel und Steuerbaum bewegt wurden. Die Steuerung des Gleichgewichtsventils geschah vielfach unabhängig von der äußeren Steuerung durch den Dampf-

druck. Das Gewicht, welches das Ventil offen zu halten hatte, war so bemessen, daß beim Abwärtsgang des Kolbens der Dampfdruck genügte, das

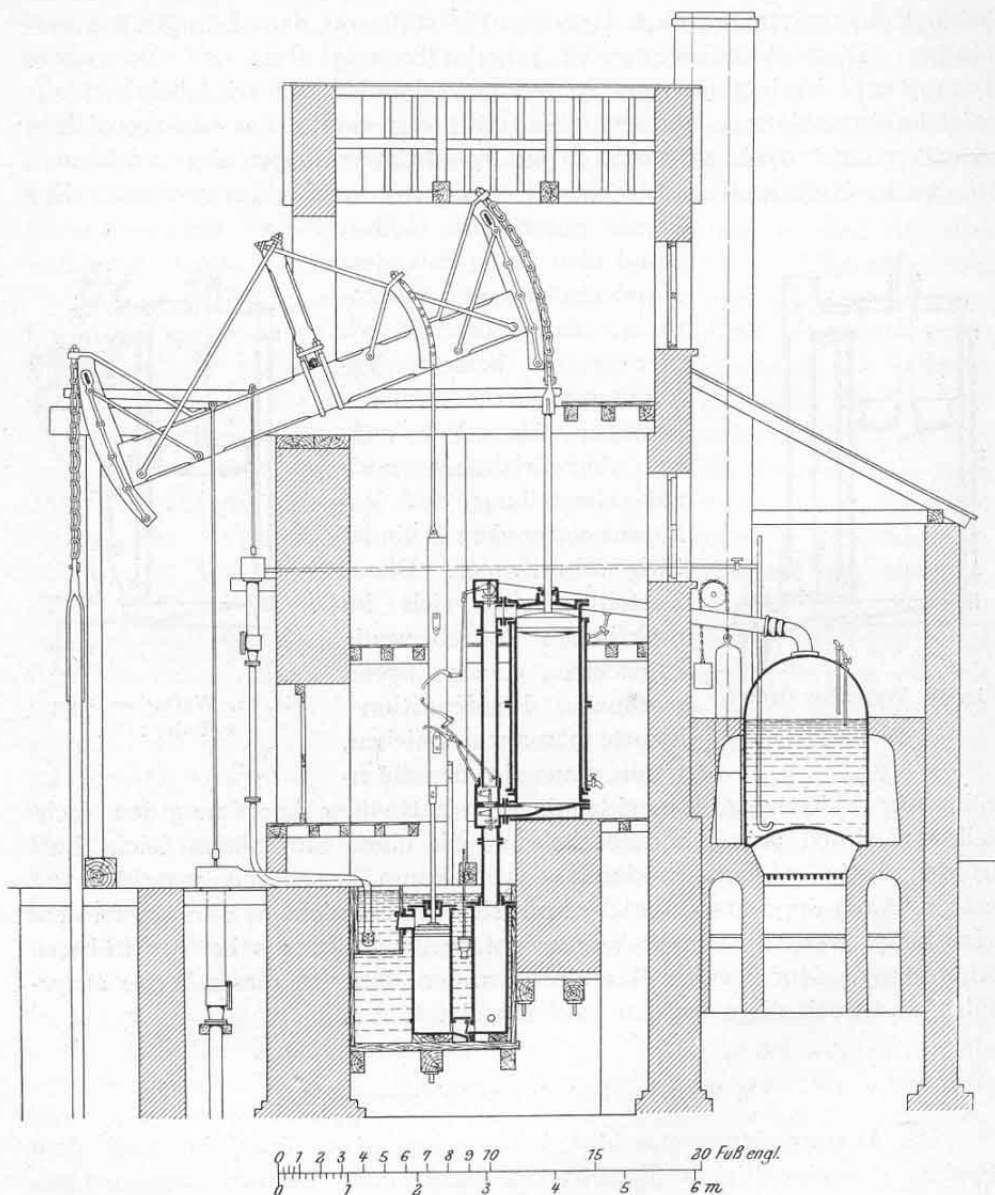


Fig. 93. Watsche einfachwirkende Wasserhaltungsmaschine 1788.

(Nach Farey, Steam Engine, London 1827.)

Ventil geschlossen zu halten. Beim Aufwärtsgang, wenn neuer Kessel-
dampf nicht mehr zuströmte, fiel der Druck des Dampfes und das Gewicht
öffnete das Ventil.

Bei den ersten Maschinen, s. Fig. 90, war die Ventilspindel durch eine Stopfbüchse nach außen geführt. Bald aber verließ Watt diese Konstruktion und wandte, wie Fig. 93 zeigt, einen im Innern des Ventilgehäuses angebrachten Zahnradabschnitt, der in die gezahnte Ventilspindel eingriff, an. Dabei wurde die Stopfbüchse, deren Dichthalten damals besondere Schwierigkeiten bot, vermieden. Die Achse für den Ventilhebel, die keine hin und hergehende, sondern nur kleine drehende Bewegungen auszuführen hatte, war durch eine einfache konische Büchse leicht abzudichten. Gleichzeitig wählte Watt die Hebelanordnung so, daß das Ventil langsam geschlossen und ebenfalls langsam, aber mit größter Kraftwirkung, geöffnet wurde.

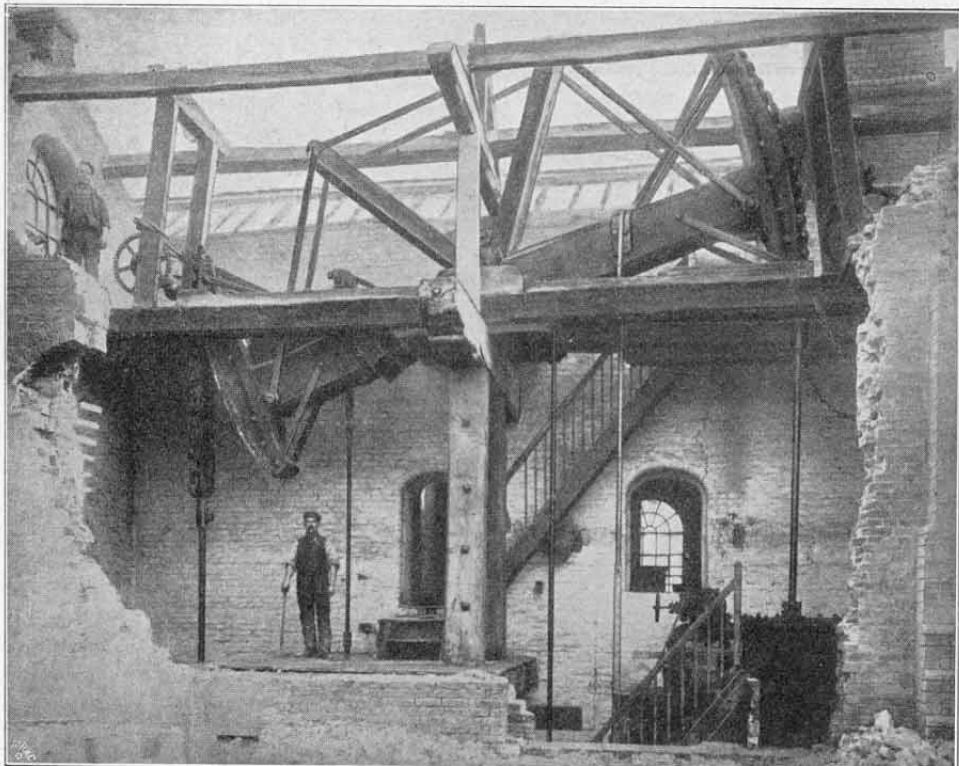


Fig. 94. Wattsche einfachwirkende Pumpmaschine. Erbaut 1776, außer Betrieb gesetzt 1898.
(Vom Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

Zwei geschichtlich besonders interessante Wattsche Pumpmaschinen zeigen die Fig. 94 und 95.

Fig. 94 gibt eine der ersten Wattschen einfachwirkenden Pumpmaschinen, die 1776 für das Kanal-Pumpwerk zu Birmingham von Boulton und Watt geliefert wurde, wieder. Die Maschine war bis 1892 regelmäßig im Betrieb und ist auch nachher noch bis 1898 gelegentlich benutzt worden.

Bevor Maschinenhaus und Maschine abgebrochen wurde, hat man diesen ehrwürdigen Veteran, der auf eine 122jährige Dienstzeit zurückblicken konnte, im Bilde festgehalten. Die Maschine, die zu Ocker Hill Tipton in arbeitsfähigem Zustande wieder aufgestellt wurde, hat 32 Zoll (813 mm) Zylinderdurchmesser und 8 Fuß (2,44 m) Hub.

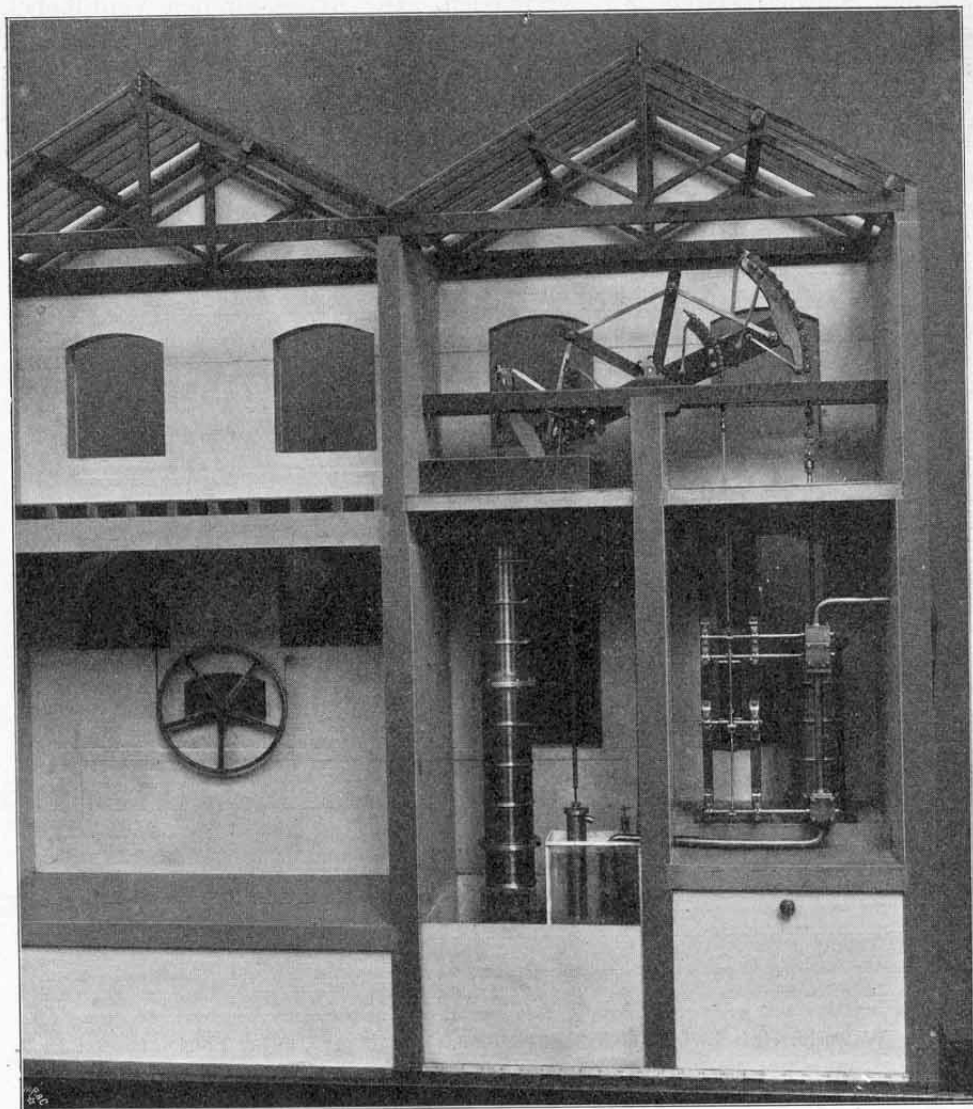


Fig. 95. Einfachwirkende Pumpmaschine „Old Bess“, Soho 1877.

(Nach Modell im Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

Eine zweite fast ebenso alte Maschine zeigt die folgende Abbildung. Es ist die Nachfolgerin der ersten in Kinneil 1769 erbauten und 1773 nach Birmingham übergeführten Wattschen Maschine, die hier bis 1777 als Be-

triebsmaschine diente. Sie hatte das Wasser für ein Wasserrad von 24 Fuß (7,31 m) Durchmesser und 6 Fuß (1,83 m) Breite zu liefern, sobald, je nach der Jahreszeit, das Wasser des Flusses nicht ausreichte. Damals hatten die bemerkenswerten Maschinen, wie es auch z. B. heute noch in Amerika bei sehr großen Maschinenanlagen üblich ist, noch Namen. So hieß diese erste Wattsche Maschine „Beelzebub“; sie wurde 1777 durch Feuer zerstört und durch die als „Old Bess“ bezeichnete Maschine ersetzt, die schon wesentlich stärker war. Sie hatte 33 Zoll (838 mm) Durchmesser bei 7 Fuß (2,13 m) Hub. Die Pumpe hatte 24 Zoll (610 mm) Durchmesser. Ein Modell dieser Maschine, das nach den noch vorhandenen Überresten und einigen alten Zeichnungen angefertigt wurde, zeigt Fig. 95. Links von der Maschine ist im Hintergrund das Wasserrad zu erkennen, dem die Maschine das Betriebswasser zuzuführen hat.

c) Kondensationseinrichtung und Betriebsangaben.

Watt hatte schon bei seinen ersten Versuchen bei der Kinneil-Maschine Einspritzkondensation angewandt; bei der mangelhaften Ausführung des Kondensators war aber die Wirkung schlecht gewesen, was Watt, der mit dem Einspritzwasser eingeführten Luft zuschrieb. Er wandte deshalb zunächst Oberflächenkondensation an; er machte den Kondensator gewöhnlich aus dünnem Kupferblech mit möglichst großer Oberfläche, entweder als flaches, buchförmiges Gefäß, wobei er gewöhnlich mehrere in entsprechender Weise miteinander vereinigte, oder er führte ihn zylinderisch aus, von denen er für große Maschinen vier oder fünf zu einem vereinigte. Auch einen vorzüglichen Röhrenkondensator hatte Watt schon um 1765, wie bereits erwähnt, ausgeführt.

Die großen Abmessungen, die man den Oberflächenkondensatoren bei den größeren Maschinen geben mußte, veranlaßten ihn schließlich, mit Rücksicht auf die Kosten, zu der Einspritzkondensation zurückzukehren und die dabei notwendigen größeren Luftpumpen mit in Kauf zu nehmen.

Bei den ersten Maschinen verwandte Watt, wenigstens bei den größeren Ausführungen, zwei, bei einigen sogar drei Luftpumpen für eine Maschine; schließlich aber wurde es üblich, auch bei den größten Ausführungen nur eine Luftpumpe anzuwenden. Um die Luft bei der Inbetriebsetzung der Maschine zu entfernen, ordnete Watt anfangs eine kleine von Hand betriebene Luftpumpe an, die er aber bald wegließ, als er sah, daß er dasselbe erreichen konnte, wenn er die ganze Maschine beim Anlassen mit Dampf füllte und die Luft durch ein Schnüffelventil austreten ließ.

Die Abmessung der Luftpumpe wählte Watt so, daß Durchmesser und Hub der Luftpumpe je halb so groß war, als beim Dampfzylinder; das Luftpumpenvolumen war also $\frac{1}{8}$ vom Zylinderinhalt, und ebenso groß wurde der Kondensator gewählt.

Als Abschlußorgane dienten Rotgußklappen ohne Lederdichtung, und zwar war eine nach der Luftpumpe zu sich öffnende Rückschlagklappe zwischen Kondensator und Luftpumpe, und zwei Klappen im Luftpumpenkolben sowie eine nach dem Ausgußkasten hin sich öffnende Klappe am oberen Ende des Luftpumpenzylinders angebracht. Die Kolbenstange der Luftpumpe ging oft unmittelbar in den Steuerbaum über, der hierbei in einfachster Weise seine untere Führung erhielt. Die Durchgangsöffnung durch den Kolben der Luftpumpe betrug $\frac{1}{4}$ seines Querschnittes, ebenso groß war die Verbindungsöffnung zwischen Kondensator und Luftpumpe. Kondensator und Luftpumpe stand in einem stetig von der Kaltwasserpumpe aus gespeisten Kaltwasserbehälter.

Die Menge des Einspritzwassers wurde so reguliert, daß die Temperatur des Kondensats etwa 96° F. (36° C.) betrug und keinesfalls über 110° F. (43° C.) stieg. 102° F. (39° C.) galt als annehmbarer Mittelwert; falls nicht genügend Einspritzwasser vorhanden war, empfahl Watt, sich mit einem schlechteren Vakuum zu begnügen, da man sonst, wenn man noch nicht genügend abgekühltes Kondenswasser benutzte, sehr große Luftpumpen nötig hatte, um die großen Wassermengen zu entfernen; der Betrieb dieser großen Luftpumpen konnte aber unter Umständen mehr Arbeit verbrauchen, als man durch das bessere Vakuum gewinnen konnte. Als notwendige Einspritzmenge gab Watt 21,44 Kubikzoll Wasser von 50° F. für jeden Kubikfuß Dampf von 212° F. an.¹⁾ Das abzuführende Kondensat von 22,44 Kubikzoll hatte dann eine Temperatur von 100° F. (38° C.). Mit Rücksicht darauf, daß Wasser von 50° F. (10° C.) nicht immer vorhanden war und anderer Ursachen wegen rechnete Watt ein „wine pint“ (das sind 28,9 Kubikzoll) Einspritzwasser auf jeden im Kessel verdampften Kubikzoll Wasser (28,9 kg für 1 kg Dampf von 100°).²⁾

Zur Regulierung der Leistung der Wattschen Maschinen wurde der Katarakt benutzt, genau wie bei den Newcomen-Maschinen.

An Stelle des Katarakts wurde wohl auch ein Schwimmer im Schachte durch einen starken Kupferdraht so mit den Klinken des Ausströmventils verbunden, daß die Öffnung dieses Ventils und damit der Beginn des Arbeitshubes von dem Wasserstand im Schachte abhängig wurde.

¹⁾ Das wären 20,48 kg Kühlwasser von 10° C. für 1 kg Dampf von 100° C.

²⁾ Watt nahm also auf die Gewichtseinheit Dampf rund 30 Teile Einspritzwasser, während Smeaton bei der Newcomen-Maschine nur $10\frac{1}{2}$ genommen hatte. Die Kondensation der Wattschen Maschine war entsprechend wirksamer. Während Newcomen-Maschinen mit 7 Pfd./Qu.-Zoll (0,49 kg/qcm) wirksamen Druck arbeiteten, hatten die Wattschen Maschinen 11 Pfd./Qu.-Zoll (0,77 kg/qcm) bei absolutem Dampfdruck von 1 at.

3. Watts Benutzung der Expansion.

Schon 1769 findet sich die Idee der Expansionsdampfmaschine von Watt in einem Brief an Dr. Small ausgesprochen, es heißt da:

„Ich erwähnte gegen Sie ein Verfahren, das mich in stand setzt, auf ziemlich leichte Weise die Wirkung des Dampfes zu verdoppeln, indem man die Spannkraft des Dampfes, die jetzt unbenutzt im Kondensator verloren geht, wirken läßt. Das würde aber zu große Zylinder erfordern. Die Idee ist daher am ersten für rotierende Dampfmaschinen von Bedeutung. Öffnen Sie das eine Dampfventil, und lassen Sie soviel Dampf ein, bis der vierte Teil des in Frage kommenden Rauminhaltes mit Dampf gefüllt ist, schließen Sie jetzt den Dampfzutritt ab, dann wird der Dampf fortfahren, sich auszudehnen und mit abnehmender Kraft seine Wirkung ausüben, bis er mit $\frac{1}{4}$ der anfänglichen Kraftäußerung endet. Die Summe dieser Reihe werden Sie größer finden als $\frac{1}{2}$, obwohl nur $\frac{1}{4}$ des Dampfes angewandt wurde. Die Krafterleistung wird allerdings ungleichmäßig sein, doch kann man diesem Übelstand durch ein Schwungrad oder auf andere Weise abhelfen.“

Erst die Sohoer Versuchsmaschine bot 1776 Gelegenheit, von dieser Idee Gebrauch zu machen; 1778 wurde für ein Londoner Wasserwerk die erste Expansions-Dampfmaschine mit $\frac{2}{3}$ Füllung ausgeführt.¹⁾ Watt suchte ein Patent auf die Verwendung der Expansion nach. Die Patentschrift (12. März 1782 Nr. 1321) war begleitet von, der in Fig. 96 wiedergegebenen Zeichnung, aus der zu ersehen ist, daß Watt sich schon damals der heute allgemein üblichen Form der graphischen Darstellung bediente.

In dem Patent wurden zugleich eine ganze Anzahl Mittel zum Kraftausgleich angegeben, um die Gleichmäßigkeit des Ganges trotz des veränderlichen Dampfdruckes zu erhalten. Manche dieser Kraftausgleichsmittel führte Watt wohl nur an, um andern auch diesen Weg, in seine Patentrechte einzugreifen, zu verlegen, ohne selbst daran zu denken, sie in der Praxis einzuführen. So werden angegeben:

Gewichte, die, über dem Drehpunkt des Balancers angebracht, bis zur Hubmitte gehoben, dann darüber hinaus die Bewegung unterstützten,

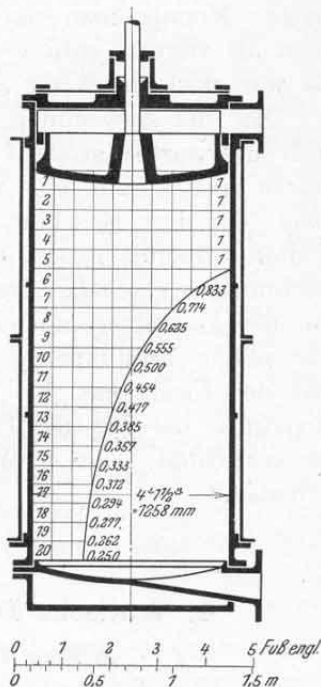


Fig. 96.

Watts Patentzeichnung zur Expansionsmaschine von 1782.

¹⁾ s. Farey a. a. O. S. 339.

ferner lose Gewichte, die sich auf dem Balancier entlang bewegten oder zwei große kurzhüblige, oben offene, durch Rohrleitung verbundene Pumpen, weiter Hebelanordnungen, die mit Hilfe von Kurvenscheiben das Hebelverhältnis änderten, auch die Schwungräder in Form von hin- und herschwingenden oder sich umdrehenden Massen wurden nicht vergessen. Bei der Pumpmaschine reichte die Masse des Pumpengestänges zum Kraftausgleich aus.

Als besonders wertvoll hob Watt bereits die Möglichkeit hervor, bei Benutzung der Expansion die Leistung der Maschine in einfacher Weise dem Kraftbedarf anzupassen, da man nur durch Verstellen der Anschläge am Steuerbaum einen früheren Schluß des Einströmventils zu bewirken hatte. Konnte man eine Regulierung auch durch das Drosselventil, das jetzt als viertes Ventil vor dem Eintrittsventil eingebaut wurde, erreichen, so war doch durch die Expansion eine große Dampfersparnis zu erzielen.

Bei der Anwendung der Expansion im praktischen Betriebe stellten sich unerwartet große Unzuträglichkeiten heraus. Die Maschinenwärter waren stolz darauf, eine möglichst starke Maschine zu haben; sie merkten bald, daß ihre Maschine, wenn sie ihr mehr Dampf gaben, sie mit voller Füllung arbeiten ließen, mehr leistete. Daß dies auf Kosten des Kohlenverbrauches geschah, kümmerte sie wenig. Der Kessel, seiner Größe nach für den Dampfverbrauch der Expansions-Maschine bestimmt, konnte bald die nötige Dampfmenge nicht mehr liefern. Klagen auf Klagen liefen bei der Firma ein, bis sich Watt entschloß, trotz der großen Kohlersparnis, die mit der Expansion notwendig verbunden war, ganz darauf zu verzichten, „bis er Wärter bekommen würde, die etwas davon verstünden.“

4. Wattsche Dampfmaschinen mit Drehbewegung.

a) Erste Versuche, die Bewegung umzuwandeln.

Mit der einfachwirkenden Pumpmaschine hatte Watt für Jahrzehnte den Typus der Wasserhaltungsmaschine festgelegt. Für die Wasserversorgung der Städte, auch als Gebläsemaschine der Hüttenwerke konnte die gleiche Anordnung ebenfalls verwendet werden, da auch hier die Arbeitsmaschine, d. h. die Pumpe oder das Zylindergebläse eine hin- und hergehende Bewegung erforderte. Bei allen den gewerblichen Anlagen aber, die man früher wohl alle unter dem Begriff „Mühlen“ zusammenfaßte, war eine Drehbewegung erforderlich. Die Dampfkraft diesem Betriebe nutzbar zu machen, konnte auf zwei Wegen erreicht werden. Entweder man schuf eine neue Maschine, in der unmittelbar durch die Wirkung des Dampfes eine Drehbewegung erzeugt wurde, oder man verwendete die vorhandene Maschine und wandelte ihre hin- und hergehende Bewegung in eine Drehbewegung um.

Die erste, technisch jedenfalls natürlichere, Lösung wurde von Watt an bis zur neuesten Zeit mit zähester Ausdauer, aber mit geringen Erfolgen, wenn von der heutigen Dampfturbine abgesehen wird, angestrebt. Den Grund hierfür gab schon Watt in einem Brief 1808 an, worin er den rotierenden Maschinen nachsagt, sie seien nicht einfacher, sondern schwieriger in Konstruktion und Ausführung als die gewöhnliche Kolbenmaschine.

Praktische Bedeutung gewann zunächst nur der zweite Weg: die hin- und hergehende Bewegung in eine Drehbewegung umzuwandeln.

Vor der Dampfmaschine war die gebräuchlichste Kraftmaschine der Fabrikbetriebe das Wasserrad. Wie schon vorher erwähnt, knüpfte man auch hier zunächst an das Vorhandene an. Das Wasserrad wurde beibehalten und die als Pumpmaschine bereits bewährte Feuermaschine nur dazu benutzt, dem Wasserrad das Betriebswasser zuzuheben. Das bot auch noch den großen Vorteil, daß der Antrieb der Arbeitsmaschinen nicht geändert zu werden brauchte. War ein großer Wasserbehälter vorgesehen, so hatten auch die bei den Dampfmaschinen noch häufig vorkommenden kürzeren Betriebsunterbrechungen, die ungleich langen Hübe und die Ungleichmäßigkeit der Bewegung innerhalb eines Hubes, keinen unmittelbaren Einfluß auf die von der Maschine betriebenen Arbeitsmaschinen. Trotzdem sah man mit Recht in dem Wasserrad als Zwischenmaschine einen Notbehelf, und von Papin an, der schon 1690 vorschlug, mit Hilfe von gezahnten Kolbenstangen und Zahnrädern die eine Bewegung in die andere umzuwandeln, arbeiteten die Erfinder an der Aufgabe, den auf- und niedergehenden Kolben mit der Drehwelle in unmittelbare Beziehung zu bringen. Die Mittel, die dies ermöglichen sollten, waren oft sehr verwickelt und deshalb praktisch unbrauchbar. So ließ Jonathan Hulls 1763 sich eine Vorrichtung schützen, bei der er mit festen Seilen und Gewichten die Schaufelräder eines Schiffes von einer Newcomen-Maschine aus betreiben wollte.

1757 schlug Kean Fitzgerald¹⁾ vor, einen Zentrifugal-Grubenventilator²⁾ durch eine Feuermaschine mit Hilfe des gezahnten Balancierendes, eines Zahnradgetriebes mit Sperrädern und Klinken anzutreiben. Auf der Vorgelegewelle sollte ein Schwungrad zum Kraftausgleich angebracht sein. Eine ganz ähnliche Vorrichtung wurde 1762 von Oxley¹⁾ in Northumberland bei einer Fördermaschine, deren Umsteuerung in einfacher Weise durch Verstellung der Klinken erfolgte, angewandt. Ein Schwungrad war nicht vorhanden und die Bewegung war so ungleich, der Stoß beim Hubwechsel so heftig, daß die ganze Vorrichtung entfernt und ein Wasserrad wieder angewandt werden mußte.

Eine andere Vorrichtung für den gleichen Zweck schlug 1777 John Stewart vor. Zwei endlose Ketten, die über Räder liefen, die ihrerseits

¹⁾ s. Abridg. of specif. Steam Eng., London 1871, S. 51 u. S. 53—68.

²⁾ Von Papin 1690 erfunden und damals als Hessen-Gebläse bekannt.

in einem von der Maschine auf- und niederbewegten Schieberrahmen angeordnet waren, sollten neben den üblichen Klinken und Sperrrädern hier die Aufgabe lösen. Der Erfinder betonte ausdrücklich, daß es theoretisch sehr nahe liege, eine Kurbel zu verwenden, daß es aber praktisch nicht durchführbar sei, weil die Bewegung der Maschine ausschließlich von der Größe des Dampfdruckes abhängig sei, somit die Länge des Hubes nicht genau festgelegt werden könne. Bei der geringsten Veränderung müßte die Maschine zerbrechen oder rückwärts gehen.

Man folgerte also aus der Tatsache, daß die Maschine bisher keine Hubbegrenzung hatte, die Unmöglichkeit, eine solche anzubringen. Selbst Smeaton war hierin ein Sohn seiner Zeit und gab 1781 noch ein Gutachten über den besten Antrieb von Mahlmühlen dahin ab: die Feuermaschine sei besonders zum Wasserheben geeignet und daher nur unter Zwischenschaltung eines Wasserrades zum Antrieb der Mühlen zu verwenden. Zu dem Glauben an die praktische Undurchführbarkeit, erklärbar durch die vielfach unklaren Vorstellungen über Kraftmoment, Arbeit und Leistung, gesellte sich die Annahme, es ginge bei der Umsetzung der Bewegung durch eine Kurbel sehr viel an Arbeit verloren.

Erst ein Maschinenwärter in Birmingham, der, vergeblich bemüht, einen von Wasbrough 1779 erfundenen Apparat mit seinen Zahnrädern und Klinken in Ordnung zu halten, die ganze verwickelte Einrichtung durch Schubstange und Kurbel ersetzt hatte, bewies hierdurch, daß auch eine Feuermaschine unmittelbar mit einem Kurbelgetriebe arbeiten konnte. Zur größten Überraschung derer, die das für unmöglich gehalten hatten, lief die Maschine wesentlich besser als vorher.

Ein Knopfmacher, James Pickard in Birmingham, ließ sich dann 1780 die Benutzung der Kurbel bei Feuermaschinen gesetzlich schützen; wo eine besondere Gleichförmigkeit verlangt wurde, sollte auf einer durch Zahnräder mit der doppelten Umdrehungszahl angetriebenen Vorlegewelle ein Schwungrad angebracht werden.¹⁾

Die Schwungräder bei den ersten Maschinen waren viel zu klein, um bei den sehr geringen Geschwindigkeiten auch nur die bescheidensten Ansprüche an gleichmäßigen Gang zu befriedigen. Auch Watt, der schon 1771 die Ansicht ausgesprochen hatte, daß eine Kurbel jedenfalls das beste und billigste Mittel zur Drehbewegung sei, glaubte mit einem Schwung-

¹⁾ Auch über die Wirkung des Schwungrades herrschte damals noch die größte Unklarheit. Es war durchaus noch nicht allgemein bekannt, daß die Bewegungsenergie bewegter Massen dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional ist. Noch am Beginn des 18. Jahrhunderts stritten sich die Gelehrten über die Bewegungsgesetze, und ihre Auseinandersetzungen ließen den Praktiker im Zweifel, ob er die Wirkung des Schwungrades mit der einfachen Potenz oder dem Quadrat der Geschwindigkeit in Beziehung bringen sollte. Smeaton wies durch eine Reihe 1776 veröffentlichter Versuche einwandfrei nach, daß die lebendige Kraft dem Produkt aus Masse und dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional ist.

rad allein nicht eine genügende Gleichmäßigkeit erlangen zu können und verwandte deshalb bei den ersten Versuchsmodellen 2 Zylinder, die mit 2 unter 120° versetzten Kurbeln auf eine Welle arbeiteten. Das zwischen ihnen angebrachte Schwungrad trug 120° gegen jede Kurbel versetzt noch ein besonderes Gegengewicht. Das Modell lief zur Zufriedenheit, aber die Einführung der einfachwirkenden Pumpen verhinderte Watt daran, sich zunächst weiter damit zu beschäftigen. Durch diese Wattschen Arbeiten aber soll die Möglichkeit, eine Kurbel bei Feuermaschinen anzuwenden, zuerst weiter bekannt geworden sein und das Patentauf die Kurbel veranlaßt haben. Watt selbst hatte jedenfalls an die Möglichkeit, auf die längst bekannte Kurbel ein Patent zu erhalten, gar nicht gedacht.

b) Das Sonnen- und Planetenradgetriebe.

„Der wirkliche Erfinder der Kurbel-Drehbewegung“, schrieb Watt 1808 an seinen Sohn, „war der Mann — leider wurde er nicht göttlich gesprochen —, der zuerst die gewöhnliche Fußdrehbank erfunden hat. Sie auf die Dampfmaschine anzuwenden, war soviel als ein Brotmesser zum Käseschneiden zu benutzen.“ Aber das Patent war einmal erteilt, „die Tür war — wie Watt sich ausdrückte — geschlossen“, es zu Falle zu bringen, schien geschäftlich nicht vorteilhaft, so suchte Watt die Kurbel zu umgehen.

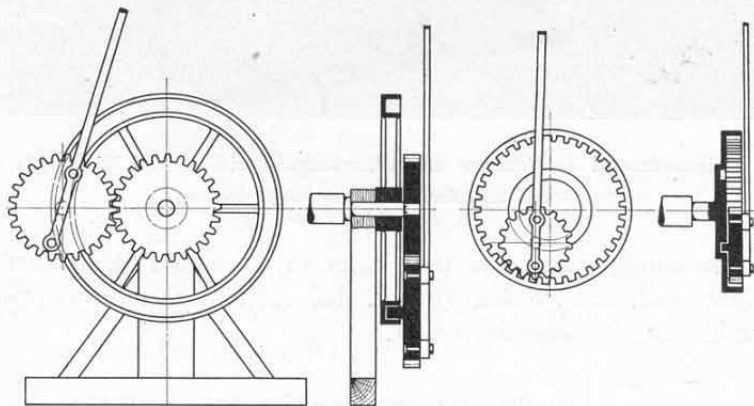


Fig. 97 bis 100. Sonnen- und Planetenradgetriebe.

(Nach Watts Patentzeichnung 1781.)

Das Patent vom 25. Oktober 1781 (Nr. 1306) enthielt nicht weniger als fünf verschiedene Methoden, eine hin- und hergehende Bewegung in eine Drehbewegung umzuwandeln. Es werden aufgeführt: Unrunde und exzentrische Scheiben, die, um die Reibung zu verringern, von Rollen umfaßt werden, Kurbelscheiben mit Gegengewichten usw. An letzter Stelle steht das bis zum Erlöschen des Kurbelpatentes von Watt allgemein angewandte Planetenradgetriebe. Die Fig. 97 bis 100 stellen es nach der Patentzeichnung dar.

Bei der praktischen Anwendung traten an Stelle des Führungsrings einfache Schienen, durch die das an der Schubstange befindliche Rad mit der Mitte der Kurbelwelle drehbar verbunden wurde. Fig. 101.

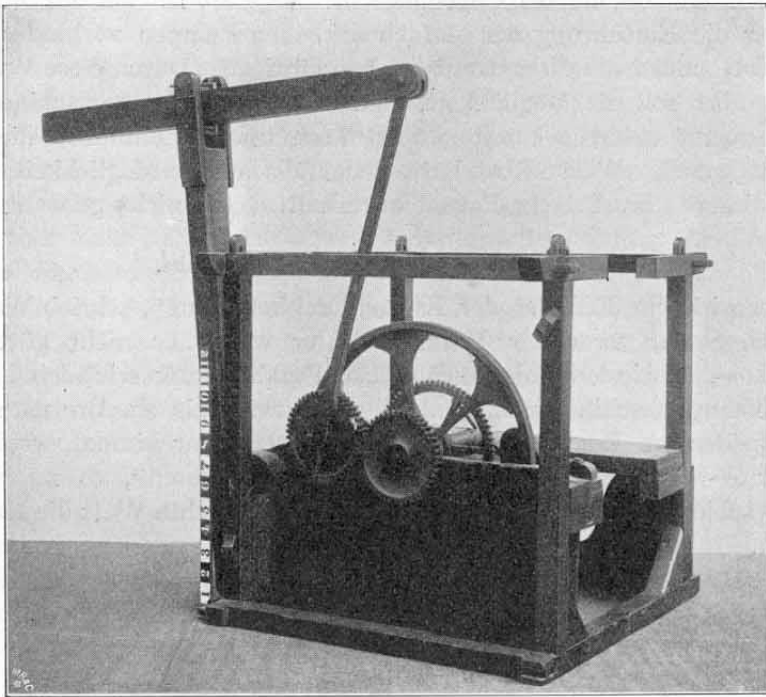


Fig. 101. Originalmodell des Sonnen- und Planetenradgetriebes, von Watt 1781 gefertigt.
(Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

Die Anordnung hatte bei den langsam laufenden Maschinen der damaligen Zeit noch den großen Vorteil, daß man hierbei die doppelte Umdrehungszahl der Kurbelwelle erhielt.

c) Die doppelwirkende Maschine.

Sehr bedeutsam für die Entwicklung der Betriebsmaschine war es, als Watt seine Maschine doppelwirkend baute, d. h. beide Kolbenhübe als Arbeitshübe benutzte. Erst jetzt war es möglich, auch bei geringen Umdrehzahlen eine dem damaligen Bedürfnis genügende Gleichförmigkeit des Ganges zu erreichen. In Konstruktion und Ausführung aber stellte die doppelwirkende Maschine, da hier beim Hubwechsel ein Wechsel in der Beanspruchung eintrat, wesentlich erhöhte Anforderungen. Die alte Kettenübertragung zwischen Kolben und Balancier war unmöglich, die Verbindung mußte jetzt Zug und Druck aufnehmen. Nur notdürftig ließ sich dies durch mehrere Ketten, die man so anbrachte, daß die eine beim Aufwärtsgang, die andere

beim Abwärtsgang auf Zug beansprucht wurde, erreichen. Watt dachte zuerst daran, eine gezahnte Kolbenstange in das als Zahnradteil ausgebildete Balancierende eingreifen zu lassen. Zugleich sollte von hier mit einem kleinen Getriebe ein Schwungrad bewegt werden. Aber der zwischen den Zähnen notwendige Spielraum machte sich beim Hubwechsel sehr unangenehm fühlbar. Die Erschütterungen der Maschine waren so heftig, daß man kaum einen geordneten Betrieb aufrecht erhalten konnte. Die Aufgabe löste erst Watt in seinem Patent vom 28. April 1784 (Nr. 1432);

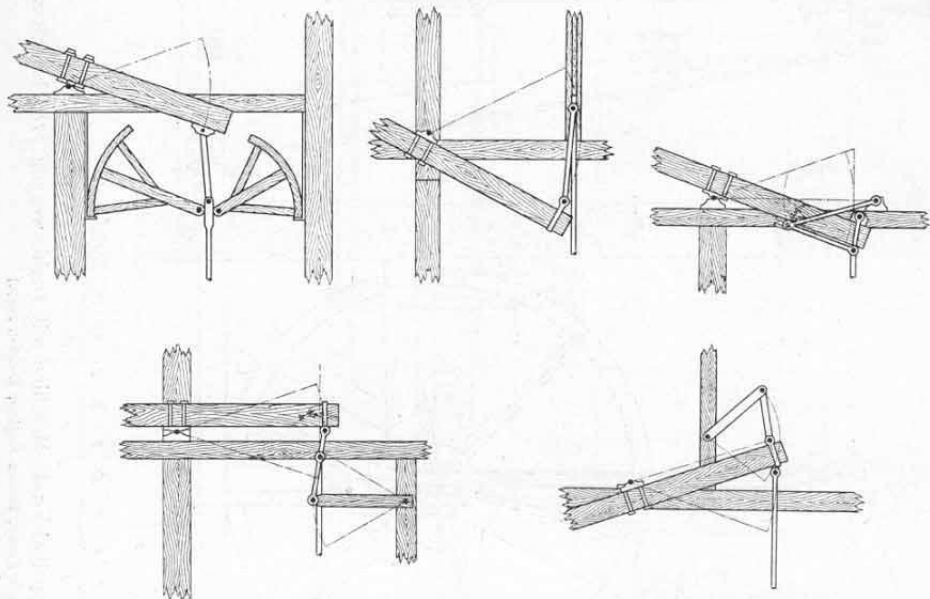


Fig. 102 bis 106. Geradfürungen.
(Nach Watts Patentzeichnung 1784, Nr. 1432.)

es enthielt neben vielen anderen technischen Ideen drei Methoden der Gradführung, bei denen Druckwechsel möglich war. Die Fig. 102 bis 106 zeigen die Gradführungen in der Art der Wattschen Patentzeichnung. Zuerst wird eine Gradführung durch Abwälzen zweier Kreisabschnitte, dann Kreuzkopf und Gleitschienen angegeben, auch Trunkkolben, an dem die Schubstange unmittelbar angreifen konnte, werden angeführt. Schließlich wird die als Wattsches Parallelogramm berühmt gewordene Lenkerführung beschrieben, ohne die lange Zeit kaum eine Dampfmaschine gedacht werden konnte, da sie auch bei den einfachwirkenden Pumpmaschinen sehr schnell die Ketten verdrängte. „Obwohl ich“, schrieb Watt 1808 an seinen Sohn, „um Ruhm mich nicht Sorge, bin ich doch auf die Parallelbewegung stolzer als auf irgend eine andere Erfindung, die ich gemacht habe.“

In dem gleichen Patent von 1784 war die Benutzung einer Drosselklappe zur Regulierung aufgeführt, und schon bei den ersten Ausführungen setzte Watt sie mit dem aus dem Mühlenbetrieb übernommenen Zentrifugal-

regulator in Verbindung. Damit war das Vorbild der normalen Betriebsmaschine festgelegt; es war die doppeltwirkende Balanciermaschine mit

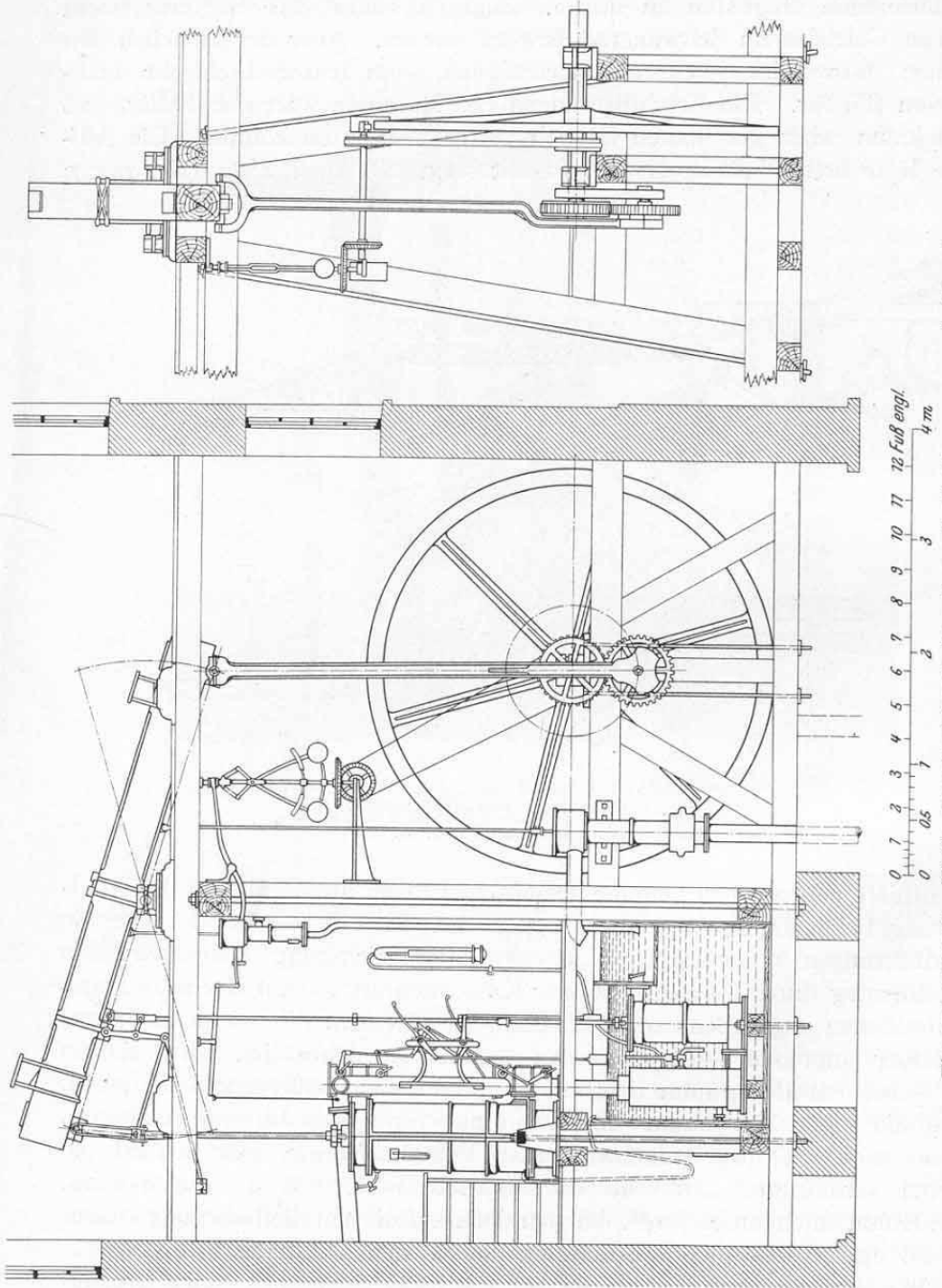


Fig. 107 und 108. Watts doppeltwirkende Maschine mit Drehbewegung 1787 bis 1800.
(Nach Farey, Steam Engine, London 1827.)

Kondensation, mit Schubstange, Kurbel und Lenkergradführung und einer vom Zentrifugalregulator abhängigen Drosselregulierung. Am Prinzip änderte

regulator in Verbindung. Damit war das Vorbild der normalen Betriebsmaschine festgelegt; es war die doppelwirkende Balanciermaschine mit

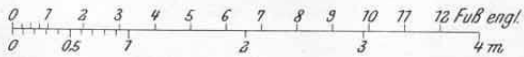
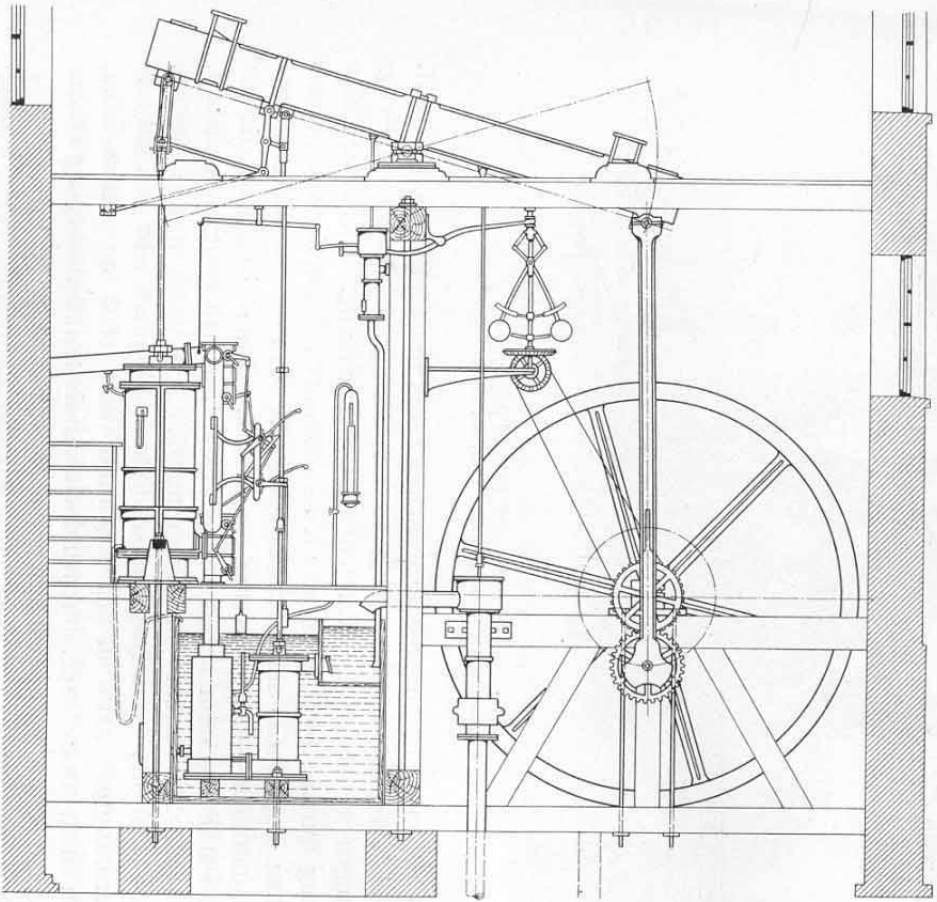
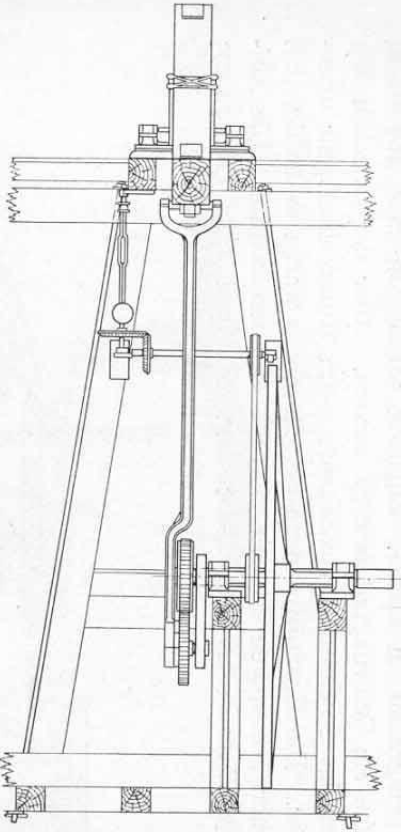


Fig. 107 und 108. Watts doppelwirkende Maschine mit Drehbewegung 1787 bis 1800.

(Nach Farey, Steam Engine, London 1827.)

Kondensation, mit Schubstange, Kurbel und Lenkergradführung und einer vom Zentrifugalregulator abhängigen Drosselregulierung. Am Prinzip änderte

sich wenig, wenn naturgemäß auch die Einzelheiten, vor allem die Steuerung, nach Konstruktion und Ausführung mancherlei Änderungen erfuhren.

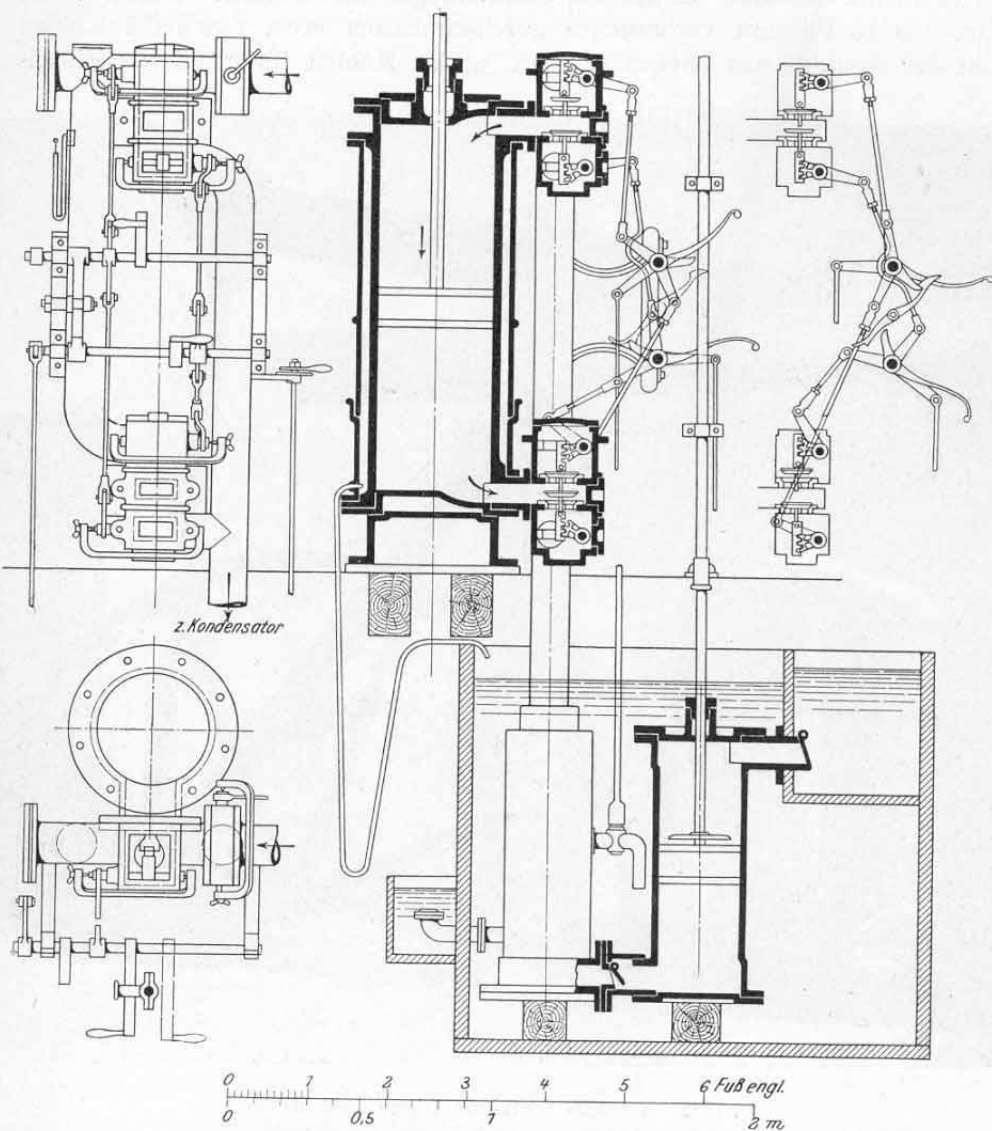


Fig. 109 bis 112. Zylinder, Kondensationseinrichtung und Steuerung zu Maschine Fig. 107.

d) Die normale Wattsche Betriebsmaschine.

Eine normale doppeltwirkende Dampfmaschine mit Planetenradgetriebe, Parallelogramm und Regulator zeigen Fig. 107 bis 112.

Der Zylinder hatte einen Durchmesser von $17\frac{1}{2}$ Zoll (445 mm) und 4 Fuß Hub (1,2 m). Der Kolben machte 25 Doppelhübe in der Minute, arbeitete also mit einer Kolbengeschwindigkeit von 200 Fuß in der Minute

(1,02 m/sk.). Die Luftpumpe hatte 12 Zoll (305 mm) Durchmesser, 2 Fuß (610 mm) Hub. Die Maschine betrieb zwei Paar Mühlensteine von je 4 Fuß (1,2 m) Durchmesser, die mit 120 Umdrehungen in der Minute umliefen. Sie leistete 10 PS und verbrauchte durchschnittlich etwa 1 Scheffel Kohlen in der Stunde, das entspricht etwa 5,7 kg Kohlen für 1 PS-st. Einzel-

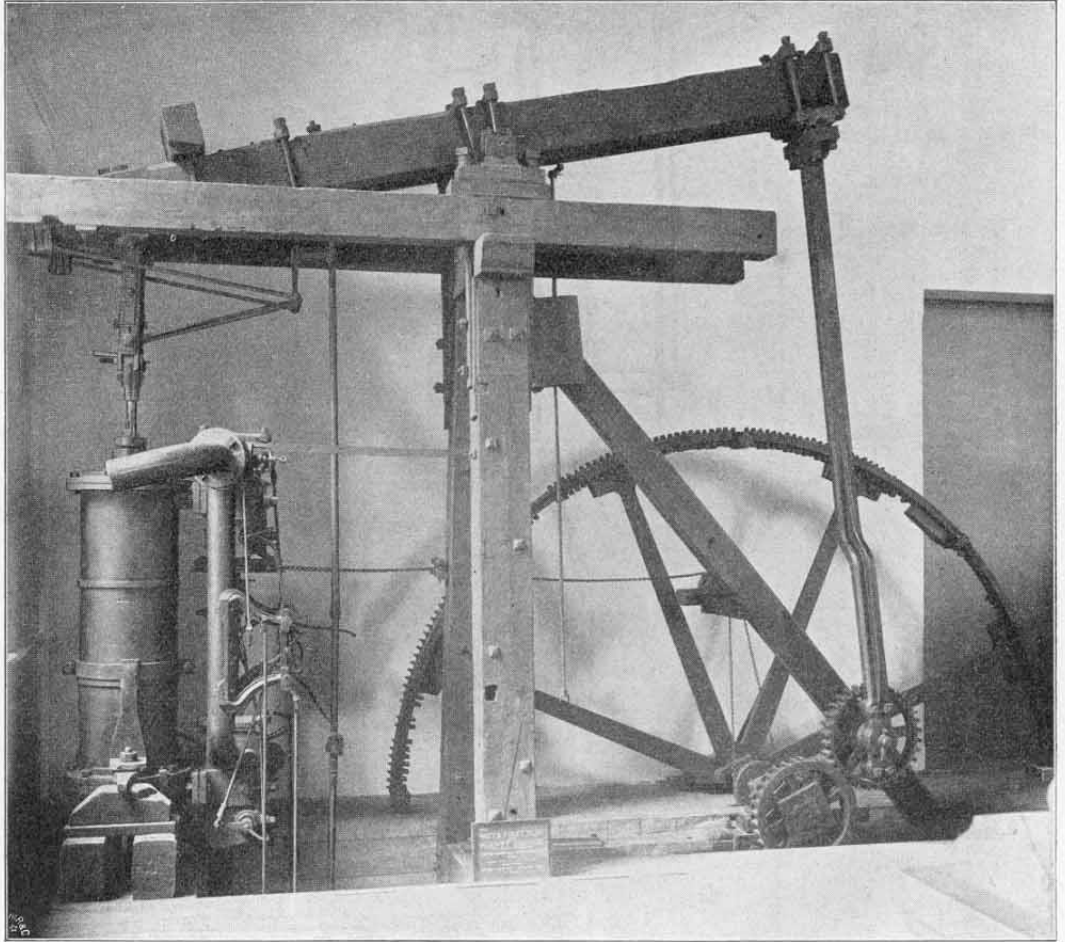


Fig. 113. Watsche Betriebsmaschine 1788 bis 1858.
(Nach Original im Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

heiten des Zylinders, der Steuerung und der Luftpumpe dieser Maschinen zeigen die Fig. 109 bis 112. Die Wirkungsweise der Steuerung ist im nächsten Abschnitt im Zusammenhange besprochen.¹⁾

Das Kensington-Museum bietet uns auch noch die Möglichkeit, eine dieser ersten Watschen Betriebsmaschinen im Original studieren zu können.

¹⁾ Sehr ausführlich wird die Konstruktion und Wirkungsweise dieser Maschine von Farey, S. 489 besprochen.

Fig. 113 zeigt eine 1788 in Soho erbaute Maschine mit Drehbewegung. Die Maschine leistete 13,75 PS_i und arbeitete bis 1858. Der Zylinder hat 17 Zoll (422 mm) Durchmesser bei 4 Fuß (1,2 m) Hub.¹⁾

5. Die Steuerung der Wattschen Betriebsmaschine.

Watt wandte bei seinen ersten Versuchsmaschinen auch Hähne und drehbare Platten wie bei den ersten Newcomen-Maschinen an, die sich aber in keiner Weise bewährten; sie verzogen sich und waren nicht dicht zu erhalten. Deshalb kam Watt darauf, die bis dahin nur bei Sicherheitsventilen benutzte abhebbare kreisrunde Platte als Abschlußorgan zu benutzen. Er machte sie aus Rotguß, gab ihr eine kegelförmige Dichtungsfläche und schiff sie genau ein. Das Ventil wurde durch einen unten angebrachten zylindrischen Stift geführt. Die Ventilsitze wurden zuerst, wie Fig. 114 erkennen läßt, mit Flansch zwischen die Ventilkästen eingebaut. Den Durchmesser der Öffnung nahm Watt zu $\frac{1}{5}$ des Zylinderdurchmessers; der Querschnitt war also ein $\frac{1}{25}$ von dem des Kolbens.

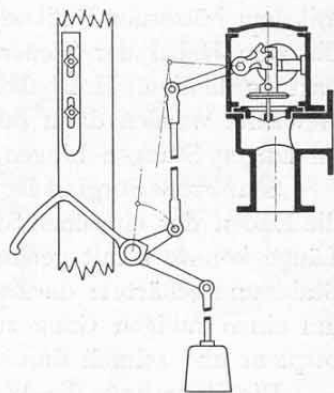


Fig. 114.

Ventil- und Hebelanordnung.

Die Ventile hatten den Vorteil, daß sie, durch den Dampf auf den Sitz gedrückt, besser dicht hielten. Das Anheben dieser nicht entlasteten Tellerventile erforderte aber sehr schwere Gewichte. Watt suchte dies durch besonders zweckmäßige Hebelanordnung zu erleichtern.

War das Ventil geschlossen, so bildete die am Ventilhebel angreifende Zugstange mit dem auf der Steuerwelle sitzenden Hebel eine gerade Linie und der Hebel, an dem das Gewicht angriff, stand wagerecht, so daß also, sobald die Steuerwelle freigelassen wurde, das Gewicht mit dem größten Hebelarm auf Öffnen des Ventiles wirken konnte. Das Ventil wird langsam angehoben, etwas Dampf kommt unter den Ventilteller, es wird entlastet und dann unter der Gewichtswirkung schnell gehoben.

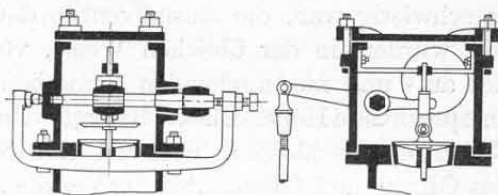


Fig. 115 und 116. Ventilanordnung.

¹⁾ Die Aufstellung der Maschine machte die photographische Aufnahme schwierig. Daraus ist zu erklären, daß diese Maschine bisher noch nicht veröffentlicht wurde. Ich habe deshalb der Leitung des Museums besonders für diese erste Aufnahme zu danken.

Die Ventile wurden zuerst unter Benutzung von Zahnsektoren, wie Fig. 114 erkennen läßt, bewegt. Später wurde ein einfacher Hebel verwendet, der in eine entsprechende Aussparung der Ventilstange eingriff,

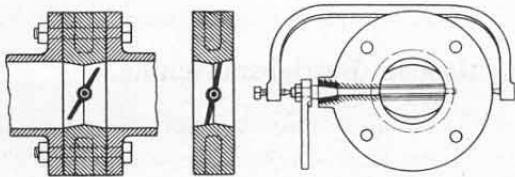


Fig. 117 bis 119. Drosselklappe.

Fig. 116. Das Regulierungsorgan war anfangs ein gewöhnliches Tellerventil und wurde dann in die bekannte Form der „Drosselklappe“ umgebildet, Fig. 117 bis 119.

Als Belastungsgewichte der Ventile dienten anfangs wohl auch Holzbalken, die, wagerecht angeordnet, an dem einen Ende drehbar mit dem hölzernen Fußboden verbunden waren, während am anderen Ende, die zum Hebel der Steuerstange führende Zugstange angriff. Je nach Bedarf wurde dieser Holzbalken noch mit Eisen beschwert. Diese unförmlichen Gewichte wurden dann durch zylindrische Eisengewichte, die unmittelbar an langen Stangen hingen, ersetzt.¹⁾

Sehr große Sorgfalt legte Watt auf die genaue Ausführung der Steuerung; die Enden der einzelnen Steuerstangen waren mit Gewinden versehen, ihre Länge konnte somit genau eingestellt werden. Die Stangenköpfe waren aus Stahl und gehärtet; die Zapfen wurden vielfach aus hartem Holz gefertigt, um einen ruhigen Gang zu haben; waren sie abgenutzt, so ließen sie sich bequem und schnell durch andere ersetzen.

Die Steuerung, die Watt bei den ersten Ausführungen seiner Maschine mit Drehbewegung anwandte, zeigt Fig. 120.

Der Dampfverteilung dienen vier Ventile, die seitlich, je ein Ein- und Auslaßventil übereinander, oben und unten am Zylinder angebracht sind. Die Auslaßventile öffnen nach unten; das Öffnen sollte, vom Dampfdruck unterstützt, möglichst schnell erfolgen. Watt gab aber bald diese Anordnung auf, da es schwierig war, die Auslaßventile dauernd dicht zu erhalten. Die Ventile wurden in der üblichen Weise, von zwei Steuerwellen aus, mit Hilfe des auf- und niedergehenden Steuerbaumes, der mit seinen Anschlägen auf entsprechende Hebel drückt, bewegt. Und zwar wurden die Ventile durch die Steuerung geschlossen, während Gewichte, von den Steuerungen gehoben, das Öffnen und Offenhalten der Ventile zu besorgen hatten. Die Zugstangen, an denen die Gewichte hängen, sind so gekröpft, daß sie wie Überfallgewichte wirken, ihr Gewicht konnte nach beiden Richtungen hin auf die Steuerwelle drehend einwirken; die eine Lage sicherte das Offenhalten, die andere den

¹⁾ Später nach Watts Zeit wurden diese freihängenden Gewichte wieder abgelöst durch zylindrische Gewichte, die in hohlen Zylindern, ähnlich wie der Plunger an der Pumpe, geführt wurden. Luft oder Wasser ließ man durch eine einfach aufgelegte Klappe von diesen Plungergewichten ansaugen, beim Abwärtsgang konnte die Flüssigkeit durch eine Öffnung entweichen; die Anordnung wirkte somit pufferartig, und die starken Stöße wurden vermieden.

Schluß der Ventile. Die Überfallgewichte brachten sehr beträchtliche Stöße in die ganze Steuerung. Das suchte Watt zu vermeiden. Er ließ sehr bald die Gewichte nur nach einer Richtung auf die Steuerwelle drehend einwirken, und zwar so, daß durch die Gewichte die Ventile offen gehalten wurden; wurden dann durch den Steuerbaum die Ventile geschlossen, wobei gleichzeitig das entsprechende Gewicht gehoben wurde, so mußten jetzt durch eine besondere Vorrichtung die Gewichte festgehalten werden, denn der Steuerbaum änderte mit dem Hub der Maschine zugleich seine Bewegungsrich-

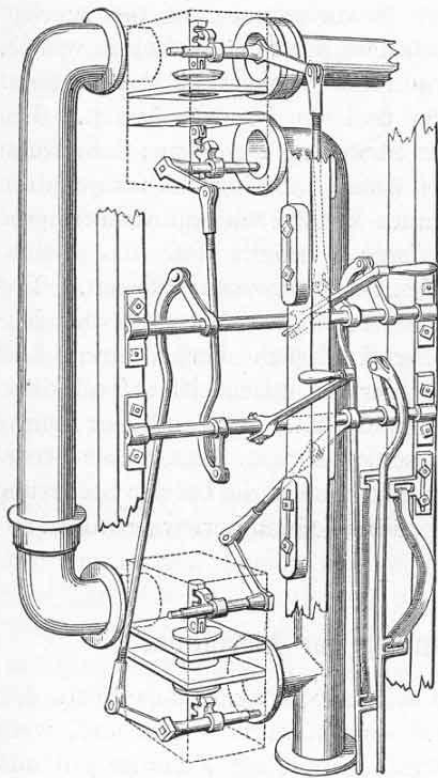


Fig. 120. Steuerung an den ersten Wattschen doppelwirkenden Maschinen.

(Aus Farey, Steam Engine, London 1827.)

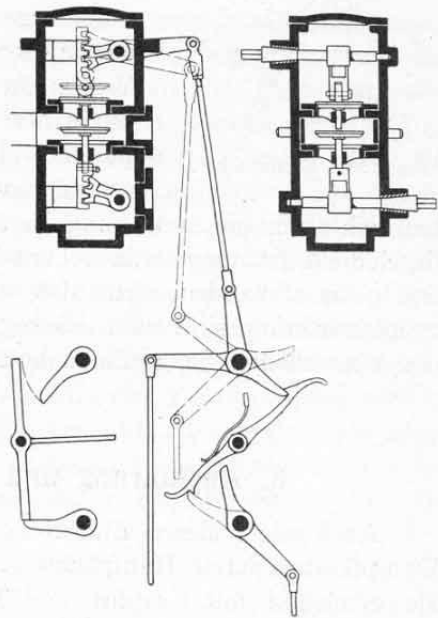


Fig. 121 bis 123. Steuerung doppelwirk. Wattschen Maschinen 1787.

tung. Dieses Festhalten geschah durch eine Klinke, auf die sich ein Hebel der Steuerwelle mit Schneiden stützte. Die erste Anordnung läßt Fig. 123 erkennen. Hierbei bilden die Klinken einen geraden Stab, der, senkrecht angeordnet, durch einen rechtwinklig dazu stehenden Hebel vom Steuerbaum aus durch Anschläge bewegt werden konnte. Wenn er die eine Klinke frei gab, hielt er die andere fest; es war unmöglich, beide Klinken gleichzeitig zu halten, es konnten also nicht alle vier Ventile zugleich geschlossen werden, was zu einem Bruch in der Maschine hätte führen müssen. Diese Anordnung der Klinken bot aber bei dem Bedienen

der Maschine, besonders beim Anhalten Schwierigkeiten; auch verschoben sich die Anschläge an dem Steuerbaum, die die Klinken zu bewegen hatten, was dann den Bruch der Klinkenhebel zur Folge hatte. Deshalb wandte Watt als normale Konstruktion bei seinen späteren Betriebsmaschinen einen schräg angeordneten Klinkenhebel an, der mit seinen

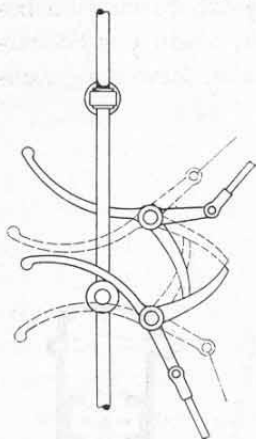


Fig. 124. Steuerhebel.

hakenartigen Ansätzen in entsprechend ausgebildete Schneiden der Steuerwellenhebel eingriff. Dieser Klinkenhebel wurde von der Steuerwelle ausgelöst. Die Schneiden der oberen Steuerwelle drückten bei ihrer Bewegung so auf die schräge Klinke, daß das untere Ende ausgehoben wurde, das Gewicht der unteren Steuerwelle konnte dann in Tätigkeit treten und die Ventile öffnen. Ein Nachteil bei dieser Steuerung lag darin, daß, wenn durch irgend einen Zufall das Gewicht festgehalten wurde, es vorkommen konnte, daß die Klinke beide Wellen in ihrer Lage festhielt, daß also gleichzeitig alle vier Ventile geschlossen blieben. Das plötzlich hierdurch veranlaßte Anhalten der Maschine konnte gefährliche Brüche herbeiführen. Das

ließ sich durch die Anordnung, Fig. 124, bei der ein gleichzeitiges Festhalten durch die Anordnung der Hebel unmöglich gemacht ist. Ein Ventilpaar konnte erst geöffnet werden, wenn das andere geschlossen war. Aus dieser Steuerungsanordnung sind dann die sog. Wellenquadranten die bei der Steuerung der Wasserhaltungsmaschinen noch zu erwähnen sind, hervorgegangen.

6. Ausführung und Bedienung der Maschine.

Auch alle anderen Einzelteile waren sehr sorgfältig durchgeführt. Der Dampfkolben hatte Hanfpackung, die fest eingestampft wurde und, wenn sie genügend mit Graphit und Talg versehen und der Zylinder gut ausgebohrt war, immerhin zwei bis drei Monate hielt.

Die einzelnen Gußstücke der ersten Maschinen hatten die denkbar einfachste Form. Der Konstrukteur mußte noch sehr auf die geringe Fertigkeit der Gießerei Rücksicht nehmen, die von der einfachen Herdgießerei her sich nur langsam an verwickeltere Gußformen gewöhnen konnte. Aber auch hier ist der Fortschritt stetig, und immer schwierigere Gußstücke treten an die Stelle von vielen einzelnen verwickelten Verbindungen. Auch das Holz wurde durch das Eisen immer weiter zurückgedrängt, bis schließlich 1800 auch das erstemal der Balancier als letzter Holzteil der Maschine in Gußeisen ausgeführt wurde.

Das Maschinengestell der ersten Maschine bis zur Größe von 30 PS etwa, bestand aus einem starken hölzernen Rahmen, der die einzelnen Ma-

schinenteile unter sich verband und zugleich als Stütze für den Balancier diente. Bei den größeren Maschinen fehlte dieser besondere Rahmen und das Gebäude selbst wurde insofern zum Maschinenteil, als eine besonders starke Wand den Stützpunkt für den Balancier zu bilden hatte.

Kondensator und Luftpumpe waren wie bei den einfachwirkenden Wasserhaltungsmaschinen eingerichtet, nur war jetzt der Hahn stetig offen und wurde nur soweit verstellt, wie es die Regulierung des Einspritzwassers erforderte.

Nur ein geübter Maschinenwärter war imstande, mit den vielen einzelnen Hebeln, aus denen die Steuerung der Maschine sich zusammensetzte, fertig zu werden. Der Maschinist stand vor dem Steuerbaum, dem Zylinder zugewendet; er nahm den oberen Handgriff mit der rechten, den unteren mit der linken Hand, öffnete zunächst soweit die Ventile, daß Dampf die Maschine anwärmen und durchblasen konnte, um die Luft zu entfernen. Dann wurde der Einspritzhahn geöffnet, das Schwungrad, wenn nötig, durch besondere Hilfskräfte angedreht; die Bewegung begann langsam und war noch vollkommen in der Gewalt des Maschinisten. Erst wenn alles normal in Bewegung war, übergab der Wärter die Steuerung der Maschine, immer noch bereit einzugreifen, falls die Maschine noch nicht allein mit sich fertig werden sollte. Beim Anhalten der Maschine übernahm wieder der Maschinist die Ventilbewegung und sorgte dafür, daß zunächst nur wenig und langsam die Ventile sich öffneten und schlossen, d. h. er drosselte Dampf- und Dampfaustritt. War der Kolben fast am Ende des Hubes, so schloß der Wärter alle vier Ventile gleichzeitig; der eingeschlossene Dampf wurde stark zusammengedrückt. Sobald das Schwungrad stand und seine Bewegung sogar umzukehren suchte, wurden alle vier Ventile wieder geöffnet und hierdurch das Stillhalten der Maschine erreicht. Bei großen Maschinen wurde früher gewöhnlich vorher das Drosselventil vom Regulator ganz losgekuppelt, so daß es sich fast ganz schloß; gleichzeitig wurde auch der Einspritzhahn geschlossen.

7. Rechnungsgrundlagen der Wattschen Maschine.

Abmessung und Leistung.

Watt pflegte die Versuchs- und Betriebsergebnisse in allgemeinen Regeln niederzulegen, die von seinen Ingenieuren ausschließlich benutzt wurden und sich von der Sohoer Fabrik aus weithin verbreiteten.¹⁾ Lange Zeit galten

¹⁾ Als Beispiel für die Fassung dieser „Formeln“ führe ich folgende an (s. Farey, a. a. O., S. 366):

1) To find the quantity of water which will be evaporated from the boiler of Mr. Watt's steam engine.

Rule. Multiply the square of the diameter of the cylinder in inches, by the

diese in Formeln niedergelegten Wattschen Beobachtungen als unumstößliche Wahrheit, und selten gab man sich die Mühe, ihrem Ursprung auf den Grund zu gehen und sie den veränderten Umständen anzupassen. Watts Autorität, noch erhöht durch die vielen von anderen versuchten und fehlgeschlagenen Verbesserungen seiner Maschine, schien eine wissenschaftliche gründliche Nachprüfung der Ergebnisse unnötig zu machen.

Watt rechnete bei seinen Kesseln mit einer 6- bis 9fachen Verdampfung und nahm 3,6 Kubikzoll verdampftes Wasser in der Minute auf 1 Qu-Fuß Heizfläche an. (Auf 1 qm Heizfläche 38,1 kg Dampf stündlich.) Ferner rechnete er: 1 Kubikzoll Wasser liefere 1 Kubikfuß Dampf von solcher Spannung, daß er einen, mit $8\frac{2}{3}$ Pfd./Qu.-Zoll (0,61 kg/qcm) einschließlich der Reibung belasteten Kolben mit 96 Fuß minutlicher Geschwindigkeit (0,49 m/sk.) bewegen könne, das entspräche 12 Kolbenhübe zu je 8 Fuß (2,44 m). War der Reibungswiderstand nicht eingeschlossen, so rechnete man 11,7 Pfd./Qu.-Zoll (0,82 kg/qcm).¹⁾

Besonders wichtig war die Bestimmung des Kohlenverbrauches, zumal Watt die Lizenz für seine Erfindung sich durch ein Drittel der Kohlenersparnis gegenüber den alten Maschinen bezahlen ließ. Zuerst faßte Watt die Garantie des Kohlenverbrauches in die Form: Er wolle 50000 Kubikfuß Wasser mit 112 Pfd. Kohlen (112 Pfd. = 1 hundred weight) einen Fuß hoch heben. Sehr bald aber gab er die Leistung in Fußpfund bezogen auf ein Scheffel Kohlen, an (1 bushel = 84 lbs. = 38,1 kg). Die obere Zahlangabe danach umgerechnet würde 23,44 Mill. Fußpfund auf 84 Pfd. Kohlen ergeben (mit 1 kg Kohle 85 050 mkg), eine Leistung, die von den ersten Maschinen jedoch nicht ganz erreicht wurde. Smeaton, der diese Leistung auch nicht annähernd für möglich hielt, machte 1778 und 1779 selbst ausführliche Versuche an Wattschen Maschinen.

Die eine dieser Maschinen hatte 20 Zoll (508 mm) Zylinderdurchmesser, 5 Fuß 9 Zoll (1,75 m) Hub, der Kolben machte 11 Hübe in der Minute, die Leistung ergab fast 18 Mill. Fußpfund, mit 1 kg Kohle 65 312 mkg. 1778 wurden noch an einer neuerbauten Pumpmaschine zu Coventry, die

motion of the piston per minute in feet, and divide the product by 288 000; the quotient is the quantity of water evaporated per minute, in cubic feet.

2) To find the quantity of coals which will be consumed by Mr. Watt's engine. Assuming that one pound of Newcastle coals will boil off $7\frac{1}{2}$ lbs. of water; or that a bushel (84 lbs.) of such coals will boil off 10,08 cubic feet of water.

Rule. Multiply the square of the diameter of the cylinder in inches, by the motion of the piston per minute in feet, and divide the product by 576; the quotient is the quantity of Newcastle coals consumed per hour, in pounds.

3) To find the power of Mr. Watt's engine, in horse-power. Assuming the load on the piston to be 8,68 lbs. per square inch, and that the steam is not expanded.

Rule. Multiply the square of the diameter of the cylinder in inches, by the motion of the piston per minute in feet, and divide the product by 4840; the quotient is the power of the engine in HP.

¹⁾ s. Farey, a. a. O. S. 365.

mit fast 76 PS damals als stärkste Maschine der Welt angesehen wurde, Leistungsversuche gemacht, die bei 58 Zoll (1473 mm) Zylinderdurchmesser, 8 Fuß (2,44 m) Hub, 12 Hübem in der Minute, fast 19 Mill. Fußpfund (mit 1 kg Kohle 68940 mkg) ergaben; die gesamte Förderhöhe betrug 390 Fuß (118,9 m). Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Maschine nicht unter voller Belastung lief. Allgemein pflegte man anzunehmen, daß eine Wattsche Maschine für die gleiche Leistung nur halb so viel Kohlen als die besten von Smeaton verbesserten atmosphärischen Maschinen brauchten. Berücksichtigt man, daß Smeatons Maschinen im gleichen Verhältnis zu den normalen Newcomen-Maschinen standen, und somit eine Wattsche Maschine mit dem vierten Teil der Kohlen das gleiche leistete, wie eine normale Newcomen-Maschine, so ist damit der riesige Erfolg der neuen Maschine ohne weiteres erklärt.

Um vor der Ausführung der Maschine den Kohlenverbrauch angeben zu können, wurden allerhand Erfahrungswerte mit irgend welchen Maschinenabmessungen in Beziehung gebracht; so gab Boulton an, daß der Zylinderinhalt in Kubikfuß mit dem Kolbendruck, in Pfund auf den Quadratfuß gemessen, multipliziert, das Gewicht der Kohlen, die bei 1800 Hübem verbraucht werden, ergebe. Andere bezogen den Kohlenverbrauch der Maschine gar auf 1 Zoll des Zylinderdurchmessers oder Zylinderumfanges.

Als es sich für Watt darum handelte, Maschinen mit Drehbewegung in den Gewerbebetrieb einzuführen, mußte er das Maß zur Kraftbestimmung nehmen, was dem Käufer der Maschine am nächsten lag, der zunächst wissen wollte, wie stark die neue Maschine sein würde im Vergleich zu den Pferden, die bis dahin als Betriebskräfte benutzt wurden. Watt machte deshalb 1784 genaue Versuche über die Leistung von Pferden und nahm dazu die ganz ausnehmend kräftigen Pferde der Londoner Brauereien. Er fand die Leistung von 33000 Fußpfund in der Minute. Smeaton und andere Ingenieure hatten die Leistung auf 22000 Fußpfund festgelegt; aber die Wattsche Annahme drang durch, die Maschinenpferdestärke blieb von da an bestimmt durch: 33000 Minutenfußpfund (das sind 550 Sekundenfußpfund rund 76 sekmkg (1 engl. PS = 1,0139 metr. PS; 1 metr. PS = 75 sekmkg).

Die ersten Maschinen mit Drehbewegung waren einfachwirkend. Eine 10pferdige Maschine hatte 24 Zoll (610 mm) Zylinderdurchmesser, 6 Fuß (1,83 m) Hub und machte 18 Arbeitshübem in der Minute. Eine 10pferdige doppeltwirkende Maschine bekam einen Zylinderdurchmesser von $17\frac{1}{2}$ Zoll (444 mm) bei 4 Fuß (1,22 m) Hub und machte 25 Hübem in der Minute. Watt teilte seine „Patentmaschinen“, d. i. doppeltwirkenden Maschinen mit Drehbewegung, in zwei Gruppen. Die einen von 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 26 und 30 PS hatten Kolbenhübem von 3 bis 6 Fuß (0,91 bis 1,83 m). Diese Maschinen waren in besondern Holzrahmen eingebaut; bei größeren Maschinen von 36, 40, 45, 50, 60, 80, 100 PS mit Kolbenhübem von 6 bis 9 Fuß (1,83 bis 2,74 m) wurde die eine Gebäudewand noch zum Stützpunkt des Balanciers benutzt. In der folgenden Zahlentafel sind für fünf Größen

Wattscher Maschinen die Hauptabmessungen zusammengestellt. Am meisten verlangt wurden 20pferdige Maschinen.

Wattsche Betriebsmaschinen:

Jahr	PS	Zyl.- Durchm. Zoll (mm)	Hub Fuß (m)	n i/Min.	Kolben- geschw. v Fuß- Min. (m/sek)	Luftp.- Dchm. Zoll (mm)	Luftp.- Hub Fuß (m)	Schwungrad-		
								Dchm. Fuß (m)	n i/Min.	Gewicht lbs. (kg)
1786/89	50	34 (864)	8 (2,44)	16	256 (1,3)	18 (457)	4 (1,22)	18 (5,49)	—	10890 (4940)
1792	20	24 (610)	5 (1,52)	21	210 (1,06)	15 (381)	2 $\frac{1}{2}$ (0,76)	14 (4,27)	42	4770 (2164)
1792	40	31 $\frac{1}{2}$ (800)	7 (2,13)	17 $\frac{1}{2}$	245 (1,24)	21 (533)	3 (0,91)	18 (5,49)	35	7623 (3458)
1795	10	17 $\frac{1}{2}$ (444)	4 (1,22)	25	200 (1,02)	12 (305)	2 (0,61)	12 (3,66)	48 $\frac{1}{2}$	1557 (706)
1798	30	28 $\frac{1}{4}$ (718)	6 (1,83)	19	228 (1,16)	19 (483)	3 (0,91)	16 (4,88)	38	4815 (2184)

Sehr großen Wert legte Watt auf genügend weite Rohrleitungen und Ventilquerschnitte, ebenso auf schnelles Öffnen und Schließen der Dampfverteilungsorgane. Die große Bedeutung der Wattschen Grundsätze vergaßen nur zu sehr die späteren Ingenieure, die zwar durch Einführung des Schiebers die Steuerung vereinfachten, aber durch viel zu kleine Abmessungen die Dampfverteilung so verschlechterten, daß gewöhnlich alle „neuen“ Maschinen viel mehr Kohlen verbrauchten als die alten. Watt nahm Ventildurchmesser gleich $\frac{1}{5}$ vom Zylinderdurchmesser, das ist gleich $\frac{1}{25}$, die Ventilschnecke und Führung abgerechnet, gleich ein $\frac{1}{20}$ des Zylinderquerschnittes.

Der Kohlenverbrauch der Betriebsmaschinen war natürlich je nach der vorhandenen Kohle und der Behandlung der Maschine sehr verschieden. Durchschnittlich kann wohl angenommen werden, daß bei 10pferdigen Maschinen ohne Expansion 8,4 Pfd. (3,81 kg) bester Kohlen für die PS-st verbraucht wurden. Bei 1,5 facher Expansion rechnete man auf 6,26 Pfd. (2,84 kg). Versuche an einer 50pferdigen Betriebsmaschine ergaben 9,24 Pfd. (4,19 kg).

Die Abmessung der einzelnen Teile wurde nach Erfahrungswerten bestimmt, die Watt teilweise nach eigenen Versuchen die er mit im kleinen Maßstabe ausgeführten Konstruktionsteilen anstellte, bestimmt hatte. Bezugseinheit dieser Formeln war gewöhnlich der Zylinderdurchmesser. Festigkeitsversuche waren noch wenig gemacht; man nahm seine Erfahrungen von ähnlichen Anlagen und übertrug sie oft ohne weiteres auf die Dampfmaschine. So wurde z. B. die Abmessung der Zapfen an den gewöhnlichen Straßenwagen auf Grund der dort bekannten Belastung nachgerechnet und dieses Ergebnis ohne weiteres auf die Kurbelzapfen übertragen. Brachen sie, so hatte man eben die Erfahrung gemacht, daß der Sicherheitskoeffizient zu klein war.

Das Lehrgeld, das in dieser Form bezahlt werden mußte, wäre wohl noch ein wesentlich höheres gewesen, wenn die ersten Maschinen bei ihrem langsamen Gange ihre Glieder nicht sehr vorsichtig gebraucht hätten.

B.

Die Entwicklung der Dampfmaschine von 1800 bis 1860.

I.

Die Entwicklung der Betriebsdampfmaschine.

1. Die allgemeine Anordnung.

a) Allgemeines.

1800 erlosch Watts Patent auf die Dampfmaschine, das, in seiner allgemeinen Fassung durch zahlreiche harte Patentprozesse bestätigt, der ersten Dampfmaschinenfabrik 25 Jahre lang ein Monopol auf die Fabrikation der Dampfmaschine gesichert hatte. Inzwischen hatte die Dampfmaschine ihr Anwendungsgebiet schon weit über den Kreis ihrer ersten Wirksamkeit hinaus erweitert; in England hatte man begonnen, die neue Kraftmaschine den verschiedensten gewerblichen Tätigkeiten dienstbar zu machen. Es begann der gewaltige Vorgang: die Umwandlung der ganzen Gewerbetätigkeit aus den alten handgewerblichen Betriebsformen in die neuzeitigen Maschinenbetriebe. Überall mußten alte bekannte Arbeitsmethoden neuen weichen. Es galt, die Dampfmaschine den verschiedenartigsten Betriebsverhältnissen anzupassen. Die vorhandenen Arbeitsmaschinen mußten für den maschinellen Betrieb eingerichtet werden; neue Maschinen und Arbeitsverfahren mußten entdeckt und angewandt werden, ehe die Dampfmaschine ihre ganze segensreiche Wirksamkeit in der Industrie entfalten konnte. Überall regte sich die Erfindertätigkeit. Fast noch größer als das Bedürfnis nach neuen Ideen war das Angebot. Eine ungeheure Menge von Projekten, alle begleitet von der sicheren Hoffnung auf ihre Vollkommenheit, traten an die Öffentlichkeit; die meisten blieben in den Akten des Patentamtes und in den Druckschriften, mit denen sie die Aufmerksamkeit des großen Publikums auf sich lenken wollten, vergraben.

Von denen, die es zur wirklichen Ausführung brachten, erwies sich auch nur eine geringe Zahl dauernd praktisch brauchbar. Oft fristeten

die mit den kühnsten Träumen ihres Erfinders belasteten Konstruktionen nur kurze Zeit in wenigen Exemplaren ein kümmerliches Dasein, um schließlich wieder ganz vom Schauplatze des technischen Wettbewerbes zu verschwinden.

Auf allen Gebieten des anbrechenden Maschinenzeitalters ist der gleiche Entwicklungsgang zu verfolgen; besonders aber tritt er klar in die Erscheinung bei der Dampfmaschine, da sie wie keine andere technische Schöpfung es verstand, das allgemeine Interesse in Anspruch zu nehmen. Sobald der Bau dieser Maschine, vom hemmenden Monopol befreit, allen freistand, begann eine Hochflut neuer Erfindungsgedanken einzusetzen, die zwar alle an dem Wesen der Maschine, wie sie von Watt geschaffen war, wenig änderten, dagegen um so mehr Verschiedenheit in die äußeren Anordnungsformen, in die Ausführung und konstruktive Ausgestaltung der einzelnen Teile, vor allen soweit sie sich auf die Dampfverteilung bezogen, brachten. War Watt mit der Sicherheit eines Fabrikanten vorgegangen, der sich bewußt ist, daß er einen schwer erworbenen Ruf nicht durch gewagte Konstruktionen aufs Spiel setzen darf, hatte er, trotz des phantasievollen Ideenreichtums, der sich in seinen Patentschriften wiederpiegelte, es nie unterlassen, nüchterne Kritik zu üben und die praktische Brauchbarkeit seiner Ideen zuerst in den Versuchsräumen seiner Fabrik auf das genaueste festzustellen, bevor er die Maschine in Anwendung brachte, so entstand jetzt eine Schar von Dampfmaschinenfabrikanten, die durch die gewagtesten Konstruktionen die Aufmerksamkeit des großen Publikums auf sich zu lenken suchten, die ihren Ehrgeiz darein setzten, es anders zu machen als Watt. Neben den vielen Bauarten, die nur geeignet waren, von der blühenden Phantasie ihrer Erfinder, aber nicht von ihrer praktischen Erfahrung Zeugnis abzulegen, entstanden, hervorgerufen durch die sich immer steigende Nachfrage, auch verschiedene bedeutsame Konstruktionen, die dem Bedürfnis entsprachen und sich jahrzehntelang erhielten.

Die äußere Anordnung der Dampfmaschine gestaltete sich unter dem Bedürfnis kleineren Raumbedarfs und möglicher Unabhängigkeit vom Maschinengebäude. Bei den ersten Dampfmaschinen war das Maschinenhaus noch ein wichtiger Maschinenteil; es war nicht nur zum Schutze der Maschine vorhanden, sondern diente auch als Träger und Stütze der Maschine; das Maschinenhaus war noch zugleich Maschinengestell. Die Wattsche kleinere Betriebsmaschine machte sich insoweit unabhängig, als hier ein eigenes hölzernes Gerüst zum Gestell der Maschine benutzt wurde. Bei größeren Betriebsmaschinen aber wurde wieder das Haus selbst insoweit noch hinzugezogen, als die Balkenlage zum Tragen des Balanciers mit benutzt wurde. Jetzt strebte man danach, die Maschine bis zur kleinsten Einzelheit in der Fabrik fertig herzustellen und sie als geschlossenes Ganzes im Maschinenraum aufzustellen. Jeder Maschinenbauer suchte vom Maschinenhaus „unabhängige“ Maschinen zu bauen (the independent Steam-Engine). Gleichzeitig verlangte man möglichst einfache Be-

dienung. Das war um so mehr erforderlich, als bei der schnellen Ausbreitung der Dampfmaschine es nötig wurde, sie oft noch gänzlich ungeübten Maschinenwärtern anzuvertrauen. Die Wattsche Ventilsteuerung mit ihren vier Ventilen, ihren zahlreichen Stangen und Hebeln bot zwar die technisch vollkommenste Dampfverteilung, erforderte aber auch eine sehr sorgsame Instandhaltung und verständnisvolle Wartung. Die Steuerung zu vereinfachen gelang in vollkommenster Weise durch die Einführung des Schiebers, der, von Murdock als D-Schieber, von Murray als Muschelschieber ausgeführt, sehr rasch Eingang fand und sich schnell verbreitete.

Die Vielheit der verschiedenen Dampfmaschinenarten wird noch größer, wenn man die Arten der Steuerung als Scheidungsmerkmal anführt. Denn neben den einfachen Schiebersteuerungen entstanden bald eine schier unglaubliche Menge von Expansionssteuerungen. So viele von ihnen auch wieder verschwanden, immer traten neue an ihre Stelle. An Auswahl in den mannigfachsten Dampfmaschinensystemen gebrach es nicht. Diese Fülle der Dampfmaschinenformen hier erschöpfend darzustellen, ist unmöglich und auch nicht nötig. Es wird für die Entwicklungsgeschichte genügen, als kennzeichnende Beispiele besonders die Konstruktionen anzuführen, die es zu weiterer Verbreitung gebracht haben. Die Sprache der Technik, die Zeichnung, wird hier am schnellsten und besten zum Ziele führen.

b) Stehende Dampfmaschinen.

Die Balanciermaschine.

Durch Newcomen zuerst eingeführt, war die Balanciermaschine zur typischen Form der Dampfmaschine geworden. Fast konnte man sagen: ohne Balancier keine Dampfmaschine. Auch Watt behielt diese Bauart bei; alle von ihm erbauten Kolben-Dampfmaschinen waren Balanciermaschinen. Diese Bauart hatte für die Dampfmaschine mit Kondensation ihre großen Vorteile; sie war übersichtlich und bot die Möglichkeit, die zur Maschine gehörigen Pumpen bequem anzutreiben.

Eine wesentliche Veränderung erlitt sie durch die Wahl eines anderen Baustoffes. Das Eisen verdrängte schließlich überall das Holz. Der Balancier war der letzte wichtige hölzerne Maschinenteil; auch er wurde von 1800 an eisern. Der hölzerne Rahmen und der hölzerne Wasserkasten, in dem Luftpumpe und Kondensator standen, wurde dann ebenfalls aus Eisen hergestellt. So entstand in der Sohoer Maschinenfabrik eine vom Gebäude unabhängige, ganz aus Eisen gefertigte Form der Balanciermaschine.

Auf einem langen eisernen Kasten erhob sich auf gußeisernen Säulen ein Rahmen, der den Balancier mit seinen Lagern zu tragen hatte. Der große gußeiserne Kasten war durch eine Zwischenwand geteilt; der eine Teil, in dem Kondensator und Luftpumpe standen, war mit Wasser gefüllt; der andere enthielt die Kaltwasserpumpe, die Speisepumpe und an-

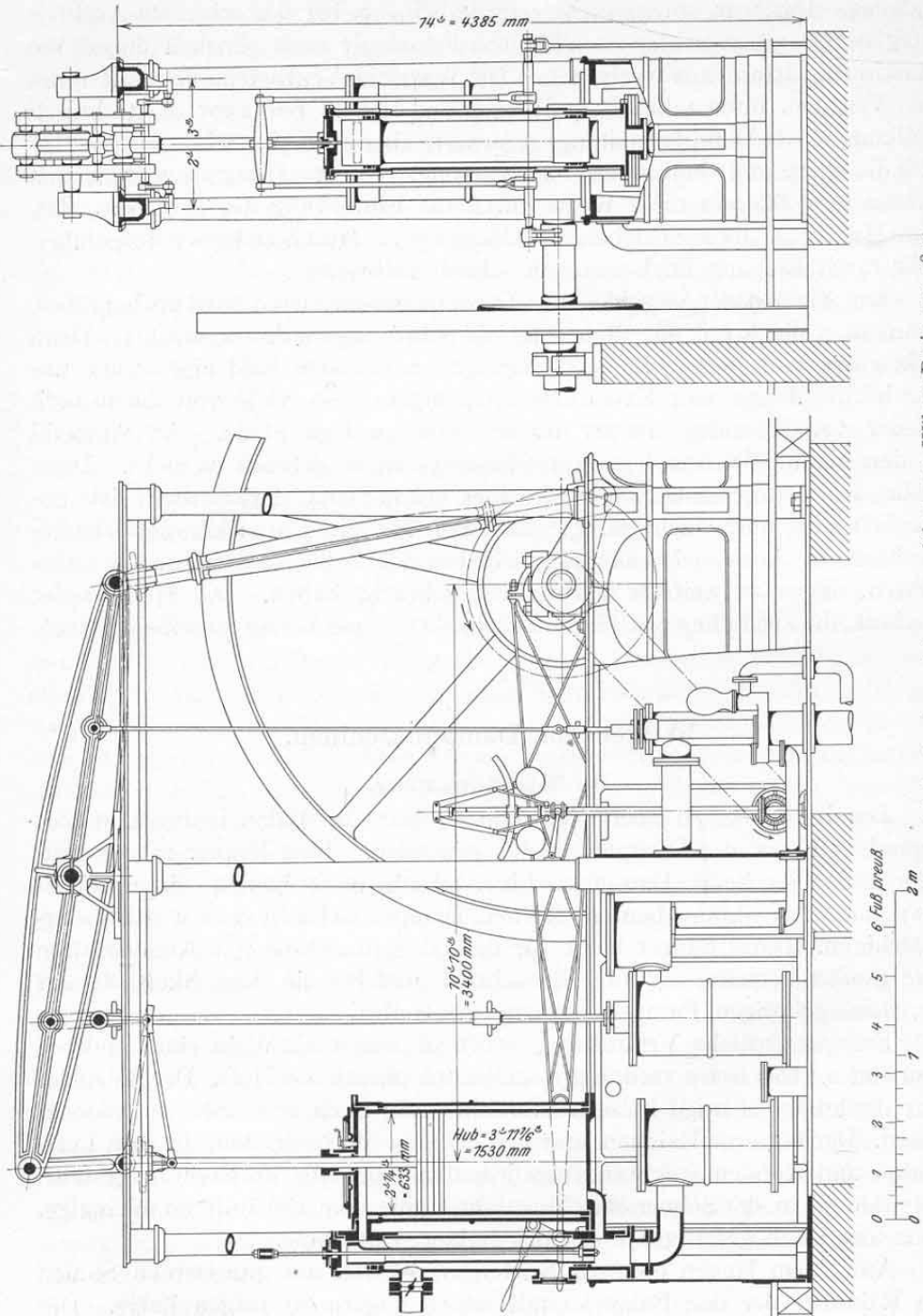


Fig. 125 und 126. Dampfiederdruckmaschine, ausgeführt von Wilson-Paris um 1835.

dere Teile. Auf dem Kasten neben Kondensator und Luftpumpe stand der Dampfzylinder. Der obere Rahmen oder die Säulen ermöglichten, in

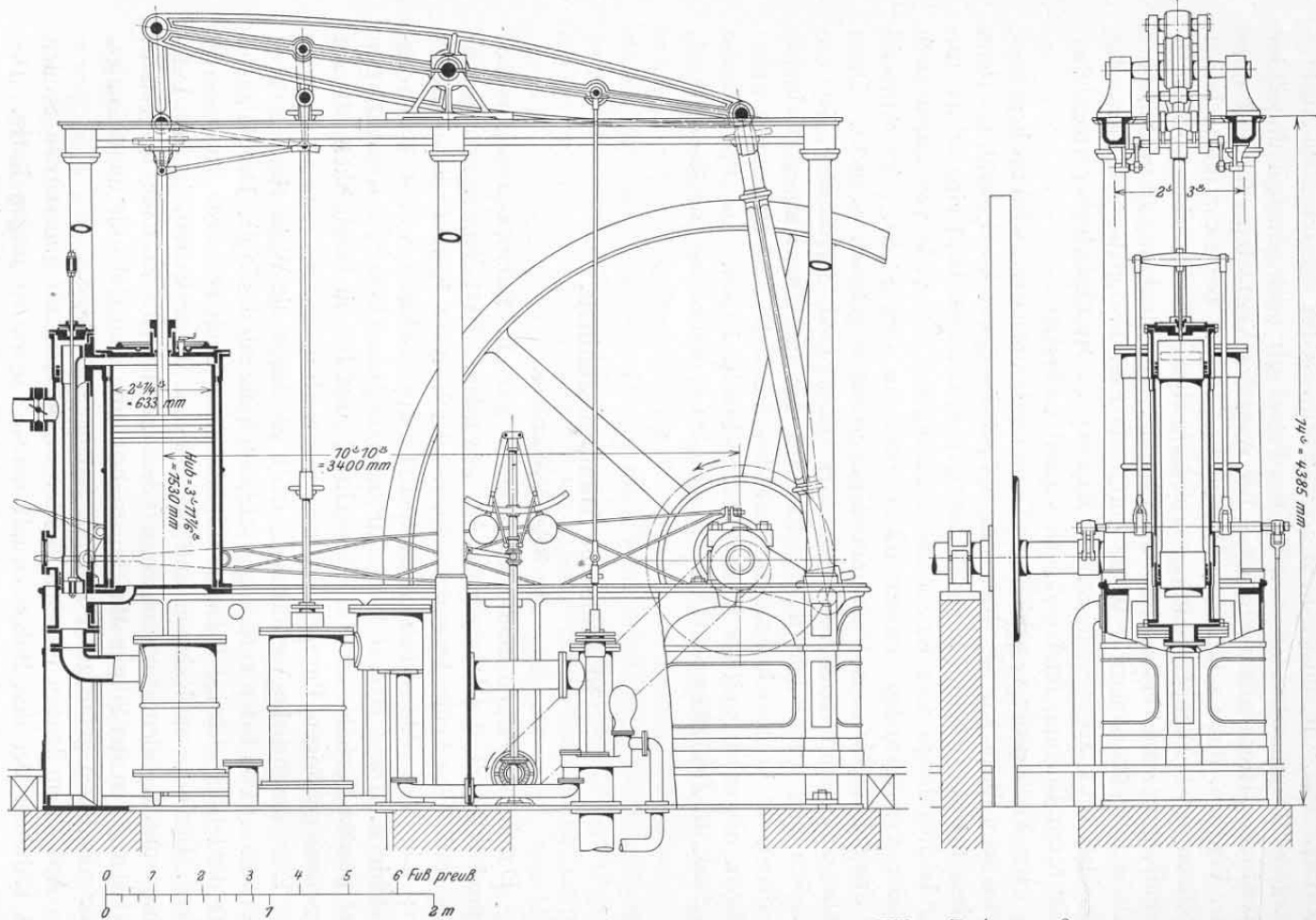


Fig. 125 und 126. Dampfniederdruckmaschine, ausgeführt von Wilson-Paris um 1835.

dere Teile. Auf dem Kasten neben Kondensator und Luftpumpe stand der Dampfzylinder. Der obere Rahmen oder die Säulen ermöglichten, im

bequemer Weise den Stützpunkt für den Gegenlenker des Parallelogramms anzubringen; am anderen Ende des Wasserkastens war das Hauptlager für die Schwungradwelle angeordnet. So bildete der Wasserkasten mit dem von Säulen getragenen Rahmen das Maschinengestell.

Fig. 125 läßt diese am Anfange des vorigen Jahrhunderts verbreitete Anordnungsform erkennen. Sie zeigt eine doppelwirkende Wattsche Niederdruckmaschine von 20 PS, wie sie in den 30er Jahren von Wilson in Charenton bei Paris ausgeführt wurde.¹⁾

Die Maschine arbeitete mit $1\frac{1}{2}$ bis 3 Pfd./Qu.-Zoll rhein. (0,11 bis 0,22 kg/cm) Dampfüberdruck im Kessel. Der Zylinder hat 633 mm im Durchmesser bei 1,53 m Hub. Das Hauptdampfrohr hat 5 Zoll (131 mm) lichte Weite; die Luftpumpe mißt 17 Zoll (445 mm) im Durchmesser und ihr Hub beträgt $23\frac{7}{8}$ Zoll (624 mm). Die Dampfverteilung geschieht, wie aus der Zeichnung zu ersehen ist, durch einen D-Schieber der in einer auf vorspringenden Rändern des Schieberkastens sich stützenden Metallpackung dampfdicht bewegt wird. Die nach oben austretende Schieberstange ist durch ein Umführungsgestänge mit einer Zwischenwelle, die vom Exzenter aus in schwingende Bewegung versetzt wird, verbunden. Beim Anlassen der Maschine wird die Exzenterstange ausgeklinkt und durch einen Handhebel die Steuerung so betätigt, daß zunächst der Dampf die ganze Maschine durchblasen kann, um die Luft zu entfernen. Sobald von Hand die Bewegung der Maschine eingeleitet ist, wird die Exzenterstange wieder eingeklinkt und der Maschine die Steuerung überlassen. Der Zylinder ist mit Dampfmantel versehen; unmittelbar vor dem Schieberkasten ist die Drosselklappe eingeschaltet, die in üblicher Weise vom Regulator aus betätigt wird.

Eine Balanciermaschine von sehr eleganter Formgebung zeigt Fig. 127. Die Maschine wurde um 1810 von der englischen Firma Fenton, Murray & Wood in Leeds erbaut. Auf gemeinsamer gußeiserner Platte sind die einzelnen Teile vereinigt. Vier schrägstehende gußeiserne Säulen bilden ein A-förmiges Gestell; der Fuß des Hauptlagers ist dem Hauptgestell nachgebildet. Der Zylinder, mit einem zweiteiligen Mantel umgeben, der gleich den Muffenröhren zusammengefügt ist, steht auf niedrigem Sockel. Eine seitwärts an den Zylinder angegossene Konsole trägt eine Säule, deren Endpunkt den Drehpunkt des Gegenlenkers aufzunehmen hat. Diese freistehende Säule war wie zum „Wackeln“ geschaffen. Man ging deshalb bald dazu über, sie fester mit dem Maschinengestell zu verbinden, wie es z. B. die Freundsche Maschine Fig. 128 bereits erkennen läßt. Die Dampfverteilung geschieht durch den von Murray ausgebildeten Muschelschieber, der von einem Exzenter aus angetrieben wird; vor dem Schieber sitzt die Drosselklappe, die vom Regulator abhängig ist. Der Wasserbehälter mit

¹⁾ Ausführliche Zeichnung der Maschine nebst Angaben s. W. Nottebohm, Sammlung von Zeichnungen einiger ausgef. Dampf- u. Dampfmasch., Berlin 1841.

Luftpumpe und flachwandigem Kondensator ist von unten gegen die Grundplatte geschraubt, in ihn mündet der Ausguß der daneben gestellten Kaltwasserpumpe. Die Maschine von 14 Zoll (356 mm) Zylinderdurchmesser und 3 Fuß (0,91 m) Hub wurde als 6pferdige Maschine verkauft.

Fig. 128 zeigt die erste Maschine des Berliner Maschinenfabrikanten Freund, mit der er 1815 seine Tätigkeit im Dampfmaschinenbau begann. Sie

war von 1816 bis 1902 in der Gold- und Silbermanufaktur von Hensel & Schumann in Berlin im Betrieb und hat jetzt in der Charlottenburger Maschinenfabrik und Eisengießerei, die aus der Freundschon Gründung hervorgegangen ist, ein wohlverdientes Ruheplätzchen gefunden. Die leichte Bauart ist den ersten Freundschon Konstruktionen eigen und mag bei den geringen Kräften und niedrigen Umdrehungszahlen genügt haben. Der Endpunkt der Säule, die den Gegenlenker trägt, ist durch schmiedeeiserne Stangen mit dem gußeisernen Hauptgestell verbunden. Die Dampfverteilung geschieht durch einen Schieber, der vom Exzenter aus betätigt wird. Er scheint später hinzugefügt zu sein, weil die ersten Freundschon Maschinen durchweg

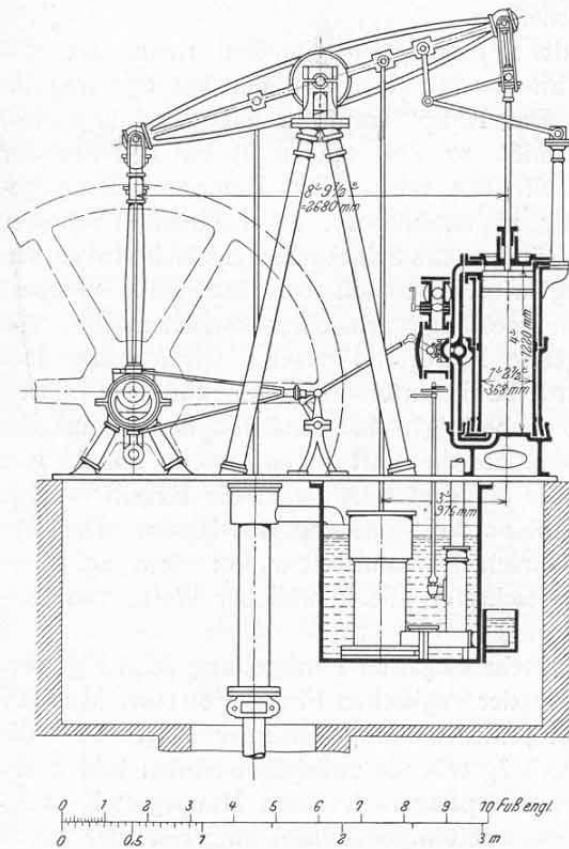


Fig. 127. Balanciermaschine von Murray 1810.

(Aus Farey, Steam Engine, London 1892.)

Hahnsteuerung hatten, die aber infolge ihrer kleinen Öffnung den Dampf sehr drosselte und auch im Betrieb nicht dicht zu halten war. Bei den ersten Maschinen hatte der Dampf gewöhnlich 3 Hähne zu durchströmen, zuerst den vom Regulator bedienten Drosselhahn, dann den von der Steuerung aus bewegten Expansionshahn, der den bezeichnenden Namen „Sparhahn“ führte, und schließlich den eigentlichen Dampfverteilungshahn. Freund nannte seine Maschine Dampfmaschine mit mittlerem Druck, weil der Dampfdruck im Kessel 2 at und nicht wie sonst nur etwas über 1 at betrug; den Gegendruck rechnete er zu 3 Pfd./Qu-Zoll (0,22 kg/qcm). Der

Zylinder einer von ihm als 10pferdig bezeichneten Maschine hatte 10 Zoll (262 mm) Durchmesser bei 2 Fuß 10 Zoll (0,89 m) Hub. Die dargestellte Maschine machte 25 Hübe in der Minute.

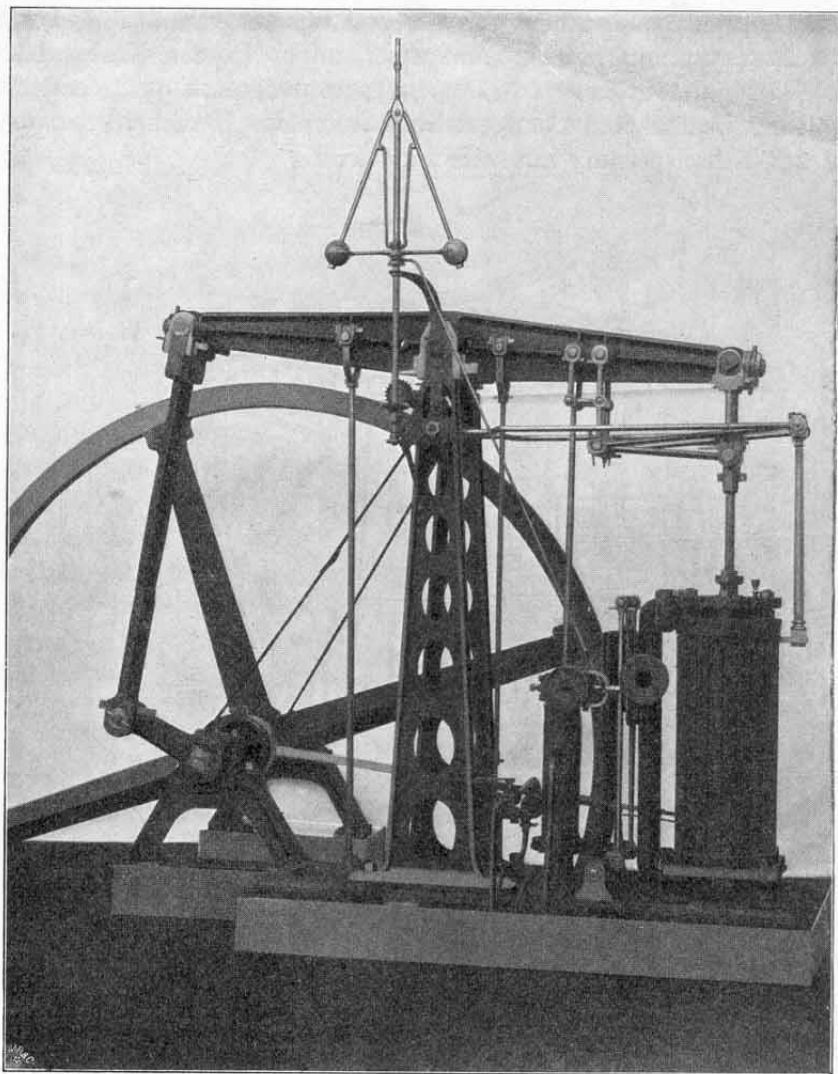


Fig. 128. Balanciermaschine von Freund-Berlin.
Erbaut 1816, bis 1902 im Betriebe.

Das Dampfzuführungsrohr war $2\frac{3}{4}$ Zoll (72 mm) weit. Von hier aus mußte sich der Dampf hintereinander durch 3 Hähne von nur 1 Zoll (26 mm) Bohrung hindurchquälen. Der Expansionshahn war so von der Steuerung abhängig, daß man $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ Füllung geben konnte. Neben der Einführung eines besonderen Expansionsorgans fällt bei den ersten

Freundschen Maschinen besonders auch die Oberflächenkondensation auf, die Freund zu dem ausgesprochenen Zweck anwandte, reines Speisewasser für den Kessel zu erhalten. Der Kondensator besteht aus einem gußeisernen Wasserkasten, ($2,18 \times 0,28 \times 0,99$ m) in ihm liegen kupferne $5\frac{1}{2}$ Zoll (144 mm) weite Rohre mit einer Gesamtlänge von 29 Fuß (9,1 m). Eine Kaltwasserpumpe führt Kühlwasser unten in den Kasten ein, das warme Wasser fließt oben ab. Die Luftpumpe fördert das Kondensat in einen neben dem Zylinder aufgestellten Sammeltopf, von dem es je nach Bedarf zur Kesselspeisung mit verwandt wird.

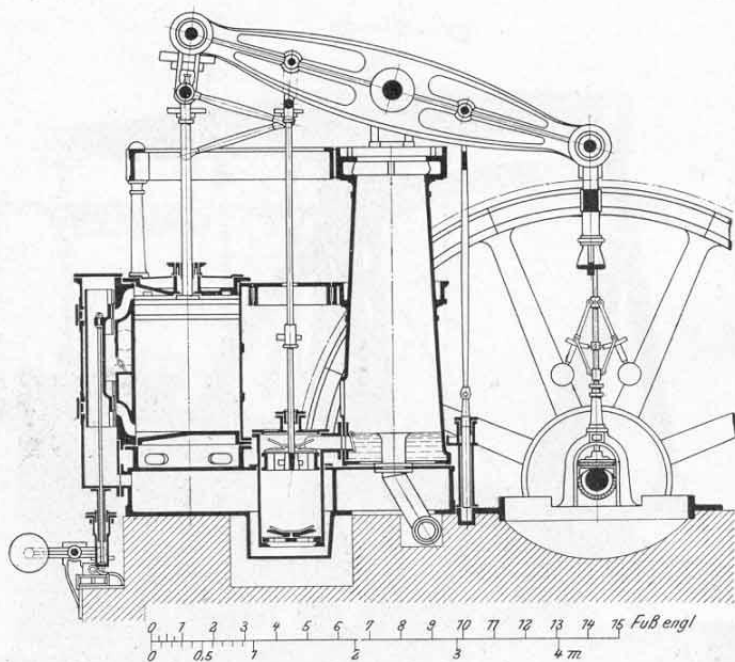


Fig. 129. Balanciermaschine von Fairbairn um 1830.

(Nach Tredgold, Steam Engine, London 1838.)

Der Expansionshahn wurde bei den ersten Anordnungen von der Luftpumpenstange durch Anschlag und Hebel geschlossen, während ein über eine Schnur laufendes Gewicht die Öffnung besorgte.

Kennzeichnend für die ersten Maschinen ist auch die Anbringung des Regulators, der als Zierde auf der Spitze der Maschine thront und noch wenig organisch mit dem ganzen Aufbau verbunden ist.

Eine wesentlich höhere Stufe der konstruktiven Entwicklung zeigt die 45pferdige Betriebsmaschine, Fig. 129, die, etwa 15 Jahre älter als die Freundsche Maschine, von dem bekannten englischen Ingenieur Fairbairn herrührt. Bemerkenswert ist die konstruktive, fortgeschrittene Zusammenfassung der Hauptteile. Nicht nur die Tragsäule des Gegenlenkers, auch

der obere Teil des Zylinders ist durch gußeisernen Rahmen mit der kräftig gehaltenen gußeisernen Tragsäule des Balanziers verbunden. Zylinder und Balanzierstütze stehen auf einem kräftigen, hohlen, gußeisernen Bett, das zugleich als Kondensator dient, während die hohle, gußeisernen Tragstütze als Warmwasserbehälter benutzt wird. Das Kurbellager ist auf einer flachverlaufenden, mit dem Kondensatorkasten verschraubten gußeisernen Platte angeordnet. Ein D-Schieber mit innerer Einströmung verteilt den Dampf; eine Drosselklappe ist dazwischen geschaltet. Das Gewicht des D-Schiebers

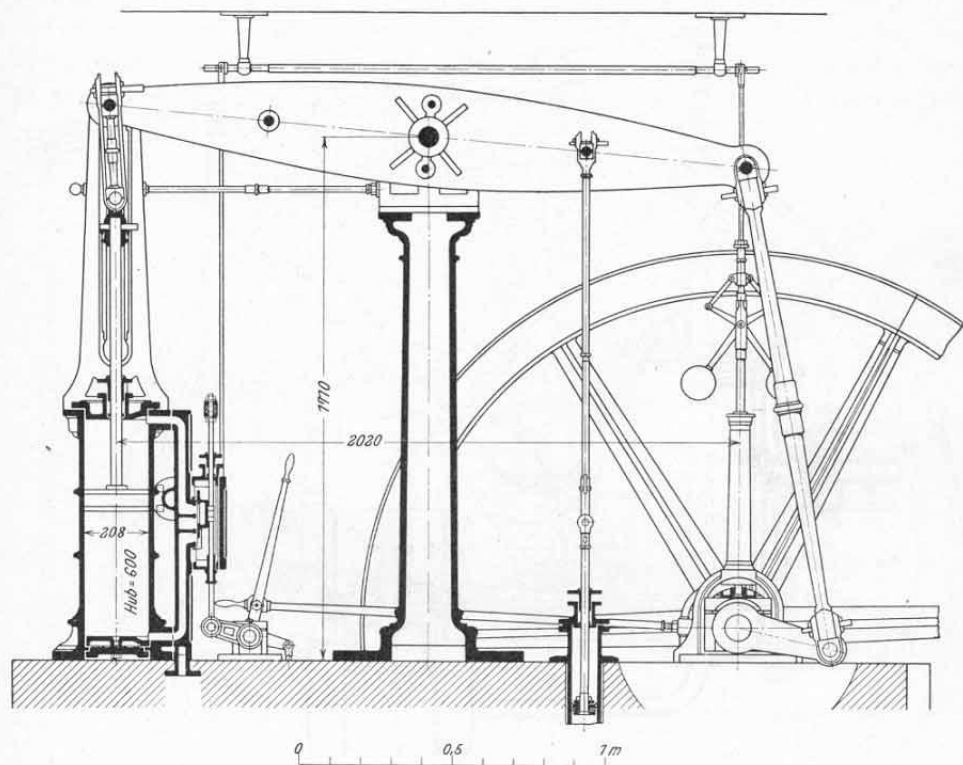


Fig. 130. Balanciermaschine der Märkischen Maschinenfabrik in Wetter a. d. Ruhr um 1845.
(Nach Originalzeichnung der Firma.)

wird durch ein Gegengewicht ausgeglichen. Vor dem Schieber, in der Zeichnung nicht zu erkennen, ist ein von der Steuerung betätigtes Expansionsventil angeordnet. Die in dem Kondensatorraum zwischen Zylinder und Hauptstütze eingebaute Luftpumpe wird in üblicher Weise vom Balancier aus betrieben. Eine kleine Kesselspeisepumpe hängt an dem rechten Balanzierarm.

Den Übergang von der Lenkergradführung zur festen Gleitbahn zeigt Fig. 130 in einer Konstruktion, der die Märkische Maschinenfabrik in Wetter a. d. Ruhr schon anfangs der 40er Jahre den Vorzug gab. Auf dem Zylinder stehen die beiden Führungsrahmen, zwischen denen

sich der viergleisige Kreuzkopf bewegt. Die Führungsständer sind durch schmiedeeiserne Stangen gegen die Balancierstütze abgesteift. Die Dampfverteilung geschieht durch einen Muschelschieber mit oben austretender Schieberstange. Nach Ausklinken der Exzenterstange läßt sich mit einem Hebel die Steuerung von Hand bewegen.

Eine Betriebsmaschine des französischen Mechanikers Saulnier die in den 20er Jahren als Saulnier-Maschine sehr bekannt war, zeigt Fig. 131. Auf einem von Säulen getragenen Tisch sind Zylinder, Kurbellager, Luft-

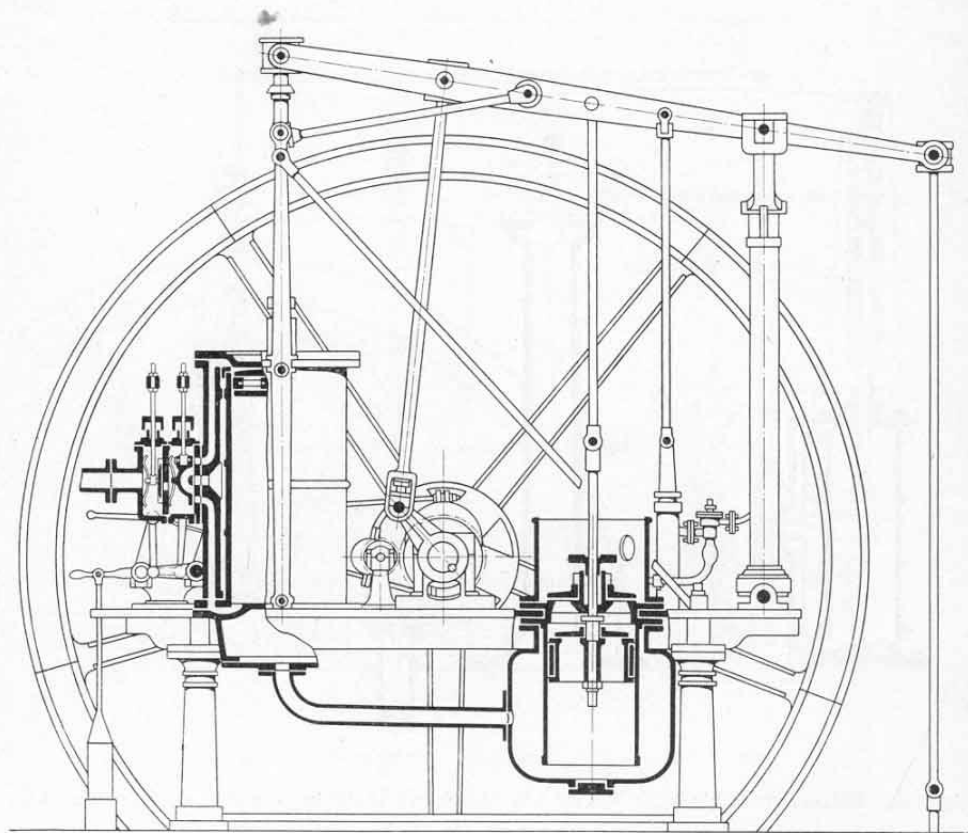


Fig. 131. Dampfmaschine mit Evans Lenker, von Saulnier um 1825 erbaut.

pumpe und Kondensator angeordnet. Der Evansche Lenker, der hier statt des Wattschen Parallelogramms angewendet ist, beruht auf dem Bewegungsgesetz einer Strecke, die mit ihren Endpunkten auf zwei zueinander rechtwinkligen Graden geführt, mit ihrem Mittelpunkt sich auf einem Kreise mit einem Halbmesser gleich der halben Strecke bewegt. Wird also das eine Ende einer Stange wagerecht geführt, während ihre Mitte gezwungen ist, sich auf einem Kreise mit dem Radius gleich der halben Stangenlänge zu bewegen, so muß das andere Ende, an dem in diesem Falle die Kolbenstange angreift, sich senkrecht in einer geraden Linie bewegen. Statt durch

eine kurze Gradführung den einen Punkt wagerecht zu führen, ließ ihn Evans mit genügender Genauigkeit um einen langen Hebelarm schwingen, den er zugleich als Tragstütze des ganzen Systems ausbildete. Die konstruktive Anordnung läßt die Saulniersche Maschine erkennen.

An den Zylinder seitlich angeschraubt erheben sich die sehr leicht gehaltenen Stützen des Gegenlenkers, sie sind durch zwei schräge Streben noch gegen das Maschinengestell versteift. Die Schubstange greift ganz in der Nähe des Balanzierendes an, sodaß die Kurbelwelle unmittelbar neben dem Zylinder zu liegen kommt. Die Dampfverteilung bewirkt ein Muschelschieber; vor ihm in besonderem Schieberkasten bewegt sich als Expansionsorgan eine einfache Schieberplatte; unmittelbar vor dieser in der Dampfzuleitung liegt die Drosselklappe. Der Grundschieber wird durch einen Exzenter von

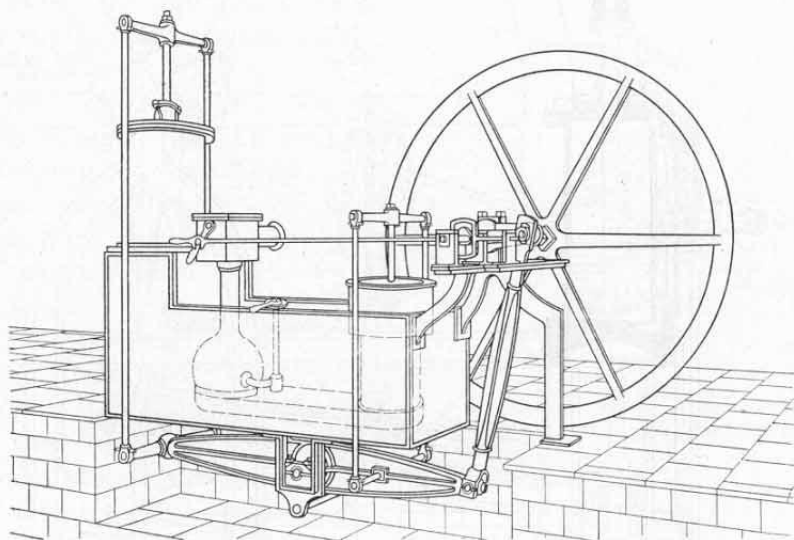


Fig. 132. Dampfmaschine mit untenliegendem Balancier von Murray 1806.

(Nicholson's Philosophical Journal, vol. IX.)

der Kurbelwelle aus, der Expansionschieber von einer doppelt so rasch umlaufenden Vorlegewelle aus betätigt. Der Zylinder ist mit Dampfmantel umgeben, durch den aber in vollständiger Verkennung des Zweckes der Abdampf geleitet wird. Vom Mantel aus geht der Dampf in einen unter dem Zylinder angeordneten Behälter, von wo er durch eine Rohrleitung zu dem Kondensator geführt wird, der konzentrisch die zwischen Kurbelwelle und Balancierstütze angeordnete Luftpumpe umgibt. Die Zeichnung läßt die Anordnung des Kondensators und der Luftpumpe im Schnitt erkennen. Am Ende des Balanciers ist noch eine kleine Kaltwasserpumpe angebracht.¹⁾

Man hat auch den Balancier statt über, unter der Maschine angeordnet. Als Beispiel für diese nur selten ausgeführte Bauart diene eine von Mur-

¹⁾ s. Dinglers polyt. Journal 1828, Bd. 28.

ray 1806 erbaute Maschine, Fig. 132. Auf einem gußeisernen Wasserkasten, der Kondensator und Luftpumpe enthält, steht der Zylinder; von der nach oben austretenden Kolbenstange führt ein Umföhrungsgestänge zu dem unten liegenden Balancier, dessen anderes Ende mit der Schubstange auf die Kurbelwelle arbeitet, die auf einer sehr wenig konstruktiven Auskragung gelagert ist. Die Dampfverteilung besorgt ein Muschelschieber, der sich in wagerechter Richtung bewegt und von der Kurbelwelle aus durch ein Bogendreieck angetrieben wird. Die Maschine wurde als 6pferdig bezeichnet. Eine dieser Maschinen ging als eine der ersten Betriebsmaschinen nach Amerika und ist erst vor kurzem außer Betrieb gekommen.¹⁾

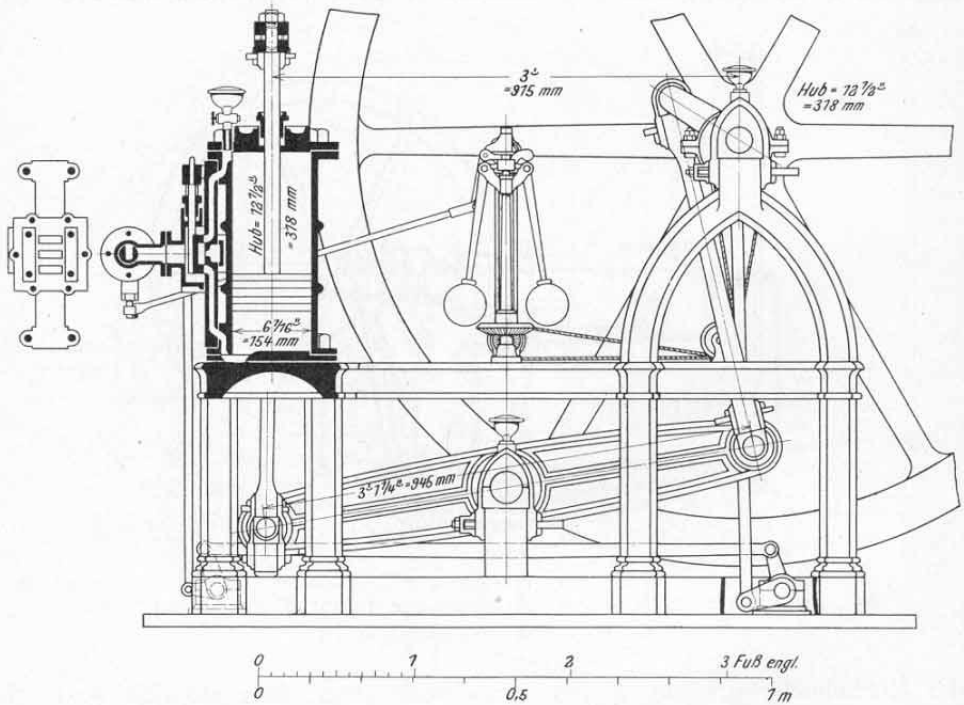


Fig. 133. Dampfmaschine mit untenliegendem Balancier von Braithwaite-London um 1820.

Eine wesentlich besser durchgeführte Form zeigt eine 4pferdige Betriebsmaschine, die Ende der 20er Jahre in Koblenz arbeitete und von Braithwaite in London stammt, Fig. 133. Bei einem Zylinderdurchmesser von 154 mm und 318 mm Hub machte sie rund $86\frac{1}{2}$ Umdrehungen in der Minute. Sie gehörte also damals zu den Schnellläufern. Der Dampf wird durch einfachen Muschelschieber verteilt. Der Regulator wirkt auf die Drosselklappe. Eigenartig ist die Ausbildung der Hauptlager in Form von

¹⁾ Der „American Machinist“ konnte 1904 seinen Lesern noch eine Photographie dieser alten Maschine vorführen.

Stangenköpfen mit übergelegter schmiedeeiserner Haube und Keilverschluß. Auch in dem Lager ließ sich so der gotische Spitzbogen, der die Maschine verschönern sollte, zum Ausdruck bringen.¹⁾

Stehende Dampfmaschinen ohne Balancier.

Schon frühzeitig erkannte man die Nachteile der großen hin- und hergehenden Massen, die beschleunigt oder verzögert werden mußten, und die wesentlich durch den schweren eisernen Balancier vergrößert wurden. Auch der Raumbedarf der normalen Balanciermaschine war für viele Betriebe zu groß; man suchte nach Kraftmaschinen, die man womöglich unmittelbar neben die Arbeitsmaschine stellen konnte. Es galt neue Bauarten besonders für kleine Betriebsmaschinen zu finden. In der Sohoer Fabrik entstand durch Murdock gleich nach dem Austreten Watts die sog. „Bellcrank“-Maschine, Fig. 134. Auf dem einen Ende des gußeisernen Wasserbehälters, der Luftpumpe und Kondensator umschließt, erhebt sich der Zylinder; von ihm geht seitlich das Umführungsge- stänge zu dem einen Ende eines Winkelhebels, dessen Drehpunkt unter dem Wasserkasten angeordnet ist. Von dem andern Ende des gußeisernen Hebels geht die Schub- stange aus, die zu der unmittelbar neben den Zylinder auf dem Wasser- kasten gelagerten Schwungradwelle führt. Die Dampfverteilung ge- schieht durch den Murdock'schen D-Schieber. Die Abdichtung machte zu- erst noch große Schwierigkeiten, später wurde sie wesentlich verbessert. Das erste Mal ist hier der Dampfzylinder mit Dampfmantel und Schieber- kasten bzw. Schieber Spiegel aus einem Stück. Der Schieber wird durch eine an den Schwungradarmen angeschraubte unrunde Scheibe, die mit ihrem vorstehenden Rand in das gegabelte Ende eines Hebels eingreift, bewegt. Diese 1802 zuerst angewandte Bauart wurde zunächst nur für kleinere Kräfte in Größen von 4, 6 und 8 PS gebaut. Die dargestellte Maschine galt als 4pferdig; sie hatte $12\frac{3}{4}$ Zoll (324 mm) Zylinderdurchmesser, 2 Fuß (0,61 m) Hub, Kurbelhalbmesser 10 Zoll (254 mm), die Zahl der Umdre- hungen in der Minute betrug 40. Der wirksame Druck wurde zu 6,46 Pfd./ Qu.-Zoll (0,45 kg/qcm) angegeben.

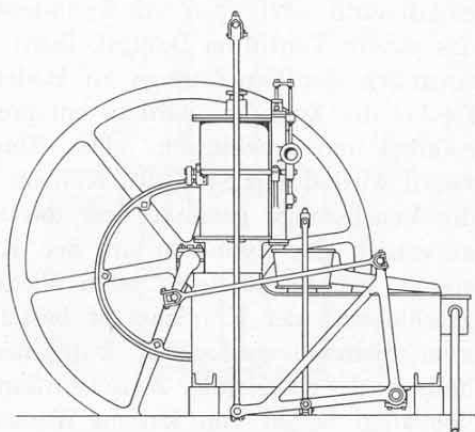


Fig. 134. Dampfmaschine mit Winkelhebel in Soho, erbaut 1802.

¹⁾ s. Nottebohm, Sammlung von Zeichnungen ausgeführter Dampfkessel und Dampfmaschinen. Berlin 1841.

Die einseitig auf den Hebel wirkenden Gewichte der Kolben und ihrer Gestänge führten schon bei kleineren Maschinen zu bedenklichen Unzuverlässigkeiten. Als man aber die Kühnheit hatte, 1807 für London sogar eine 80pferdige Maschine in dieser Bauart auszuführen, versagte das System gänzlich, man gab es auf und ging zu der vorher besprochenen Balanciermaschine, Fig. 125, über.

Eine der ersten direktwirkenden Maschinen mit obenliegender Welle wurde Cartwright 1797 gesetzlich geschützt. Fig. 135. Wenn auch nur wenige kleinere Maschinen danach ausgeführt wurden, so ist die Maschine doch insofern besonders bemerkenswert, weil bei ihr der erste Metallkolben und sogar eine Stopfbüchse mit Metallpackung und auch seit Watt zum ersten Male wieder Oberflächenkondensation angewandt wurde. Die Maschine ist einfachwirkend, das Dampfeinlaßventil sitzt oben am Zylinderdeckel, das zweite Ventil im Dampfkolben; durch Anstoßen der Ventilstange an Boden und Deckel des Zylinders wird es entsprechend geöffnet und geschlossen. Das Einströmventil wird durch Stoß des Kolbens gegen die Ventilstange geöffnet und durch eine außerhalb des Zylinders an der Kolbenstange befindliche Feder beim Niedergang geschlossen; der Kondensator besteht aus zwei ineinandergesteckten kupfernen Zylindern; der ringförmige Zwischenraum wird von allen Seiten von kaltem Wasser umspült; das Kondensat wird unmittelbar dem Kessel zugeführt. Die Luftpumpe sitzt unter dem Zylinder und wird durch die verlängerte Kolbenstange angetrieben. Der Erfinder nahm in Aussicht, die Maschine auch durch Äther- oder Spiritusdampf, „die eine viel geringere Hitze erfordern“, zu betreiben.¹⁾

1802 führte auch Murray eine Maschine aus, die gegenüber der normalen Balanciermaschine weniger bewegte Teile hatte und mit kleinerem Raumbedarf auskam, Fig. 136. Der Zylinder steht unten, die Welle liegt über ihm auf einem säulengetragenen Gestell; zur Gradführung wird der besondere Fall der Hypocycloide als gerade Linie benutzt; ein Zahnrad, an dessen Umfang die Kolbenstange angreift, wälzt sich in einem verzahnten Rade von doppeltem Durchmesser ab. Die Dampfverteilung geschieht wie bei der Wattschen Maschine durch vier Ventile, die durch Querhebel mit zwei parallel zur Zylinderachse bewegten Stangen befestigt sind. Die Bewegung der Stangen wird von einer neben dem Zylinder an-

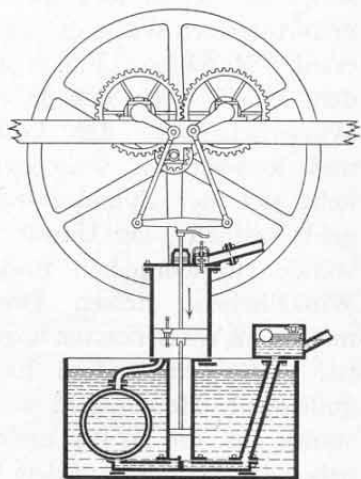


Fig. 135.
Cartwrights Dampfmaschine 1797.

¹⁾ s. Farey, Steam Engine, London 1827 und Severin, Beiträge, Berlin 1826.

geordneten wagerechten Steuerachse durch Bogendreiecke abgeleitet; die Steuerwelle wird durch Zahnräder von der Hauptwelle aus gedreht.

Der Grundgedanke zu dieser Steuerung stammt auch aus der Sohoer Fabrik. Die Ventilbewegung wurde auch hier schon von der Drehbewegung der Hauptwelle abgeleitet. Die unrunde Scheibe ersetzte später zuerst Murdock durch das Exzenter.

Die bei den Murrayschen Maschinen angewandte Hypocycloiden-Gradführung stammt von einem gewissen James White, der längere Zeit in Frankreich lebte und 1801 für die Erfindung dieser Gradführung von Napoleon eine Medaille bekommen haben soll. Die gleiche Gradführung wandte Murray auch bei den Maschinen an, bei denen er, wie Murdock, den Zylinder über das eine Ende des Wasserkastens setzte, die Welle also unter den Zylinder zu liegen kam. Zur Dampfverteilung bei diesen Maschinen diente der einfache Muschelschieber mit Zahnradantrieb.

Ein Schüler Watts, Clegg, entwarf um 1800 auch eine stehende Maschine, bei der er den Zylinder oben auf einer von Säulen getragenen Plattform anordnete und die Kolbenstange nach unten austreten ließ. Statt der Kurbelwelle wandte er ein Wendegetriebe an, bei dem ein kleineres Zahnrad in dem rahmenartig ausgebildeten, zum Teil verzahnten äußeren Ende der Kolbenstange sich abwälzen konnte. Eigentümlich war die Steuerung, die vollkommen in die Maschine eingebaut, durch den Kolben selbst betätigt wurde; der obere und untere Ventilkasten waren durch Röhren verbunden, die die Ventilstangen umschlossen. Durch Querhebel waren die beiden oberen und unteren Ventile mit diesen Stangen parallelogrammartig so verbunden, daß durch Anstoßen

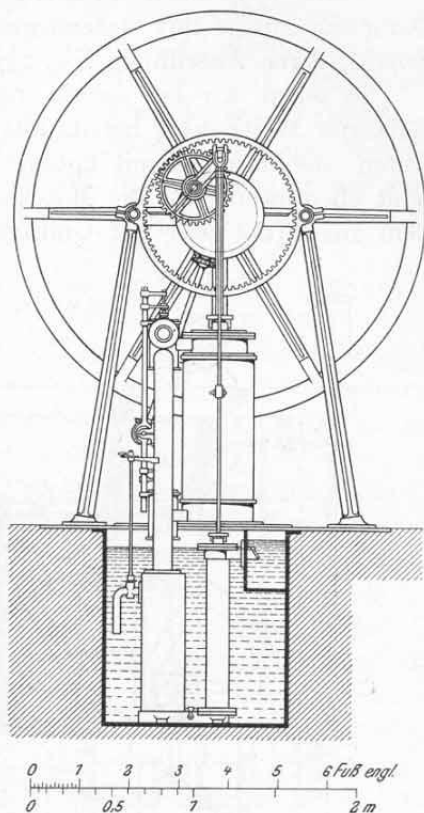


Fig. 136.

Dampfmaschine von Murray 1802.

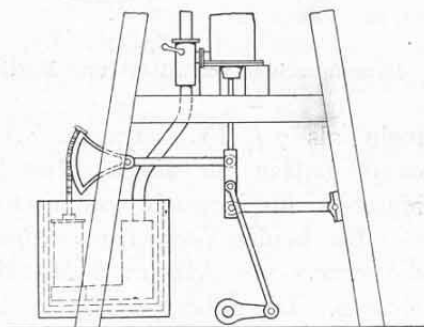


Fig. 137.

Dampfmaschine von Favre in Nantes 1797.

des Kolbens an einen bis in das Innere des Zylinders reichenden Hebel die Ventilaare abwechselnd geöffnet und geschlossen wurden.

Schon 1797 hatte auch der französische Ingenieur Favre in Nantes Dampfmaschinen mit untenliegender Kurbelwelle und Lenkergradführung gebaut, deren Anordnung Fig. 137 erkennen läßt.¹⁾

So sehen wir bei diesen ersten Versuchen, stehende Maschinen ohne Balancier zu schaffen, bereits alle später weiter ausgebildeten Bauarten vertreten: die Maschine mit untenstehendem Zylinder und oberliegender Welle fehlt ebensowenig als die Maschine mit oben angeordnetem Zylinder, von dem aus direkt oder mit Umführungsgestänge die tiefliegende Welle ange-

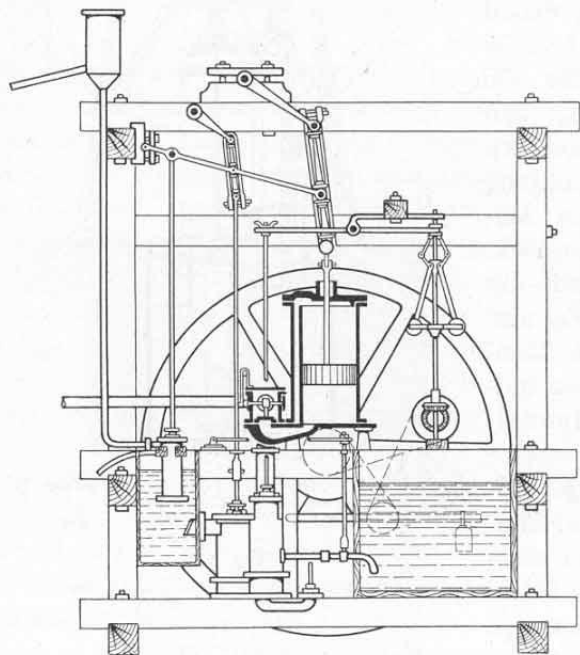


Fig. 138.

Dampfmaschine von Albert und Martin, Paris 1807.

trieben wird. Weitere Verbreitung haben aber diese Anordnungen in der besprochenen Form noch nicht finden können, da jede von ihnen noch zu viele konstruktive Mängel aufwies, um im praktischen Betrieb dauernd brauchbar zu sein. Das Bedürfnis nach einer Maschine für den kleinen Betrieb war noch nicht befriedigt. 1807 sah sich die Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale in Paris veranlaßt, einen Preis von 6000 Fr. für eine Dampfmaschine auszusetzen, die in 12 Stunden 1 Mill. mkg leisten könne; die Kosten einschließlich der Verzinsung des Anlagekapitals sollten täglich nicht mehr als $7\frac{1}{2}$ Fr. betragen. Acht Bewerber meldeten sich, aber sechs davon hatten nur Ideen, aber keine Maschinen. Nur zwei stellten eine Maschine für Versuche zur Verfügung.²⁾

Die beiden Versuchsmaschinen, von denen die eine von Gebr. Gerard, die andere von Albert & Martin stammten, ergaben 9,5 Fr. und 6,17 Fr. Kosten. Die Albert & Martinsche Maschine, Fig. 138, „welche die Kraft von 10 Menschen hatte“, gewann also den Preis; sie wurde dank dieser

¹⁾ s. Severin, Beiträge, Berlin 1826.

²⁾ Einer der Erfinder wollte überhaupt keine Kohlen brauchen, er schlug vor, die Sonne mit Hilfe von Brennsiegeln zum Heizen der Kessel heranzuziehen.

amtlichen Versuche, die veröffentlicht wurden, sehr bekannt und ist oft ausgeführt worden. Auch die preußische Regierung hat sie ihren Dampfmaschinenerbauern als Muster hingestellt. Der Zylinderdurchmesser betrug $7\frac{5}{8}$ Zoll (205 mm), der Hub 16 Zoll (0,42 m); mit 1 kg Kohlen wurde eine Leistung von 14350 mkg erreicht. Der Zylinder mit dem Wasserkasten, den Pumpen und dem Kondensator ruhte in einem hölzernen Gestell; die Kolbenstange wurde durch Lenker gerade geführt. Von der Mitte des Verbindungsgliedes zwischen Kolbenstange und dem obersten Lenker gingen zu beiden Seiten des Zylinders je eine Schubstange zu der unter dem Zylinder gelagerten Kurbelwelle.

Ein Muschelschieber, der in dem unten am Zylinder angeordneten Schieberkasten auf wagerechter Ebene sich bewegt, besorgt die Dampfverteilung. Er wird durch Hebel und Anschläge von der Pumpen-Kolbenstange aus bewegt. Der Regulator wirkt auf eine in der Abdampflleitung zwischen Kondensator und Zylinder eingebaute Drosselklappe. Es wird also der Gegendruck verändert, wie es Périer bereits getan hatte, eine Anordnung, die aber später zugunsten der Wattschen Drosselung des eintretenden Dampfes, wieder verlassen wurde. Der Dampfkolben hat Hanfpackung, durch eine Öffnung des Zylinderdeckels kann die Packung nachgezogen werden, ohne daß es notwendig ist, den Deckel abzunehmen.¹⁾

In dem gleichen Jahr entstand in England unter dem gleichen Gesichtspunkte, eine möglichst einfache Maschine mit geringem Raumbedarf zu bauen, die Maudslaysche Tischmaschine. Der gewaltige Unterschied, der damals noch zwischen englischem und kontinentalem Maschinenbau bestand, zeigt sehr deutlich ein Vergleich der Albert & Martinschen Maschine mit der Maudslay-Maschine, Fig. 139 und 140, die bald einen durchschlagenden Erfolg aufzuweisen hatte und in vielen Exemplaren sich über alle Industrieländer verbreitete. Zahlreich sind auch die Versuche, sie nachzubauen, sie zu verbessern.

Auf einem gußeisernen, durch große bogenförmige Öffnungen an vier Seiten unterbrochenen Tisch steht der Zylinder, unmittelbar über ihm, von vier Säulen getragen, die beiden Gleitbahnpaare, zwischen denen das mit Rollen ausgerüstete Kolbenstangen-Querhaupt sich bewegt. Innerhalb der Gradführung greifen zu beiden Seiten des Zylinders die Schubstangen an den Kreuzkopf und übertragen die Kolbenkraft auf eine zweifach gekröpfte Welle, die unter dem Zylinder gelagert ist und von der aus auch durch eine in der Figur erkennbare Hebelanordnung die Pumpen angetrieben werden. Diese befinden sich rechts und links an der Maschine in großem, topartigem Gefäße eingebaut, links die Kaltwasserpumpe, rechts die in den Kondensator eingehängte Luftpumpe. Die Dampfverteilung geschieht durch einen stark konischen Drehschieber, vor dem noch ein Expansionsventil, das durch einen auf der Regulatorwelle angebrachten unrunder Nocken

¹⁾ s. Severin, Beiträge, Berlin 1826.

betätigt wird, angeordnet ist; eine Anordnung, die erst wesentlich später als Meyersche Steuerung allgemeiner wurde. Unmittelbar vor dem Expansionsorgan sitzt wieder die Drosselklappe. Die Gleichmäßigkeit des Aufbaues, die elegante Ausführung, bei der man an blanken Teilen nicht gespart hatte, erregte damals allgemeine Bewunderung.¹⁾

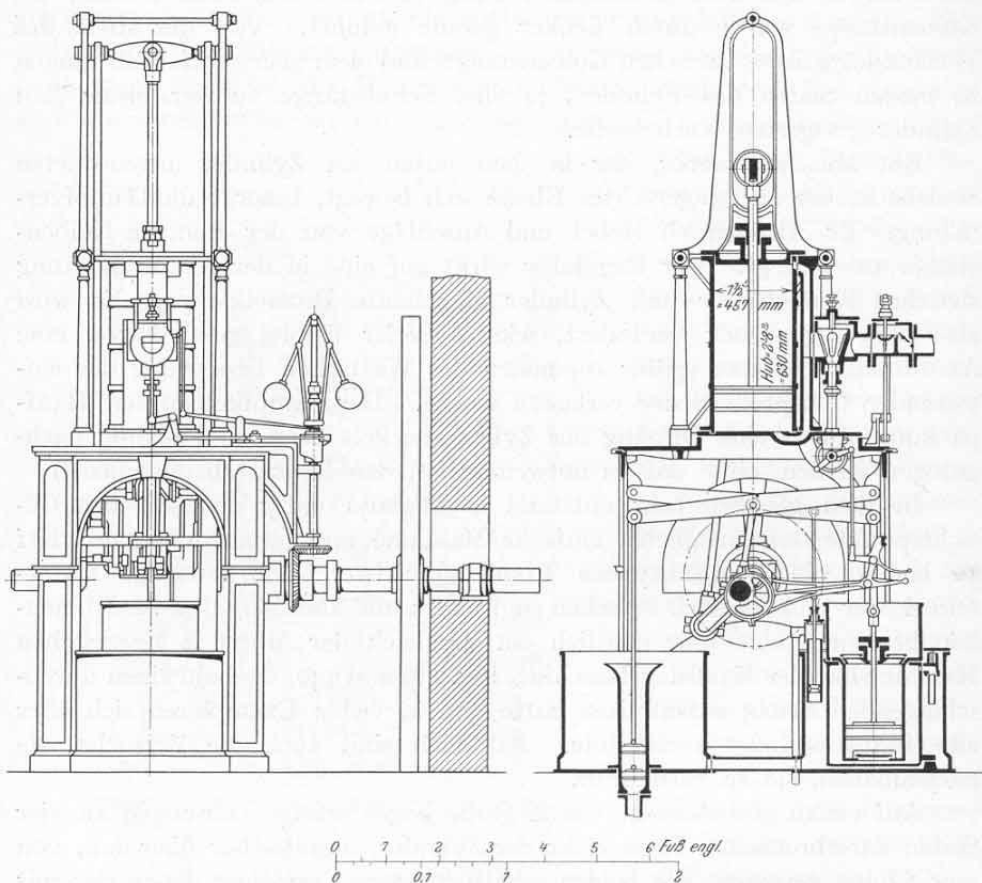


Fig. 139 und 140. Maudslays Tischmaschine 1807.

(Nach Le Blanc, Recueil de machines, Paris 1830.)

Später erfuhr die Maschine mancherlei Veränderungen, die Hahnsteuerung wurde bald verlassen, sie bewährte sich nicht und wurde durch Flachschieber ersetzt. Auch der Übelstand, daß viele Teile, unter dem Tisch vereinigt, schwer zugänglich waren, führte zur Abänderung. Man stellte den Zylinder tiefer, bildete das Gestell mit der Gradführung aus zwei Seitenplatten, die den Zylinder einschlossen, und ließ die Schubstangen

¹⁾ Es war wohl die erste Dampfmaschine, die zugleich auch als Reklame benutzt wurde. Ein Schokoladenfabrikant in Paris stellte sie in seinem Laden auf; er wurde durch den zahlreichen Besuch in seiner Erwartung auch nicht getäuscht.

außerhalb des Gestells herabgehen, oder man hing auch den ganzen Zylinder in eine hohle Säule, auf der die Gradführungsseiten soweit voneinander abstanden, daß die Schubstangen innerhalb des Säulengestells herabgehen und unter dem Zylinder in einem Querhaupte vereinigt werden konnten. Man kam so mit einer Stirnkurbel aus und konnte die teure, gekröpfte Welle vermeiden.¹⁾ Auch die Führung durch Rollen verlor sich bald zugunsten der Gleitstücke.²⁾

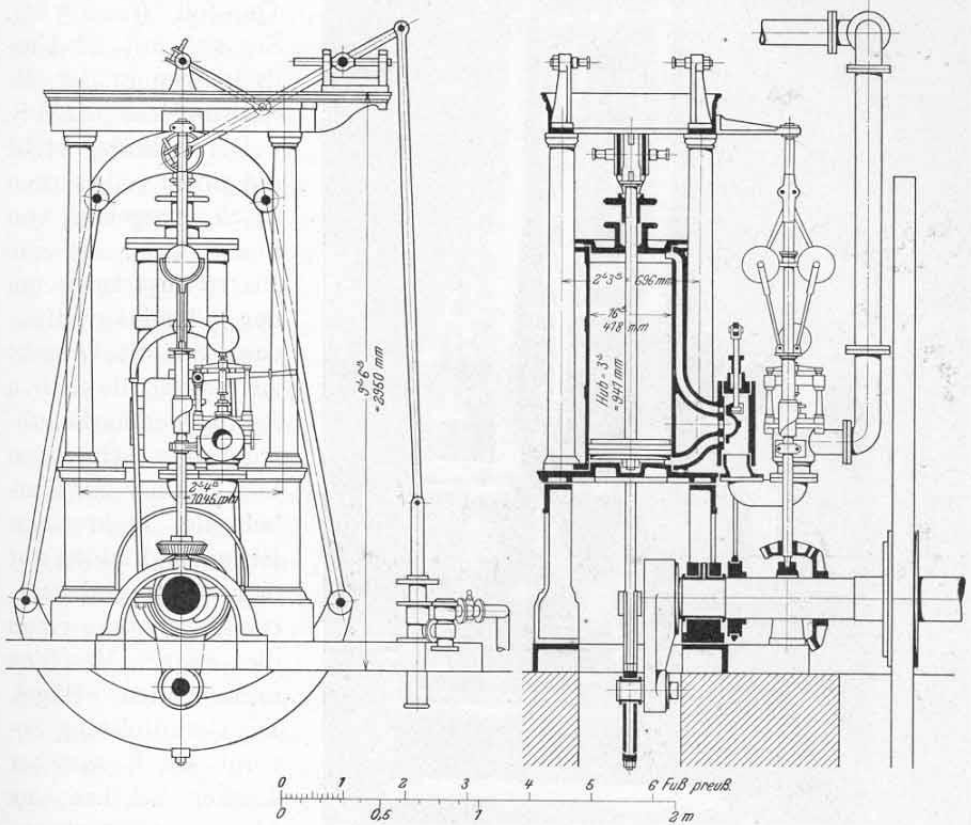


Fig. 141 und 142. Bügelmaschine von Egells in Berlin um 1840 bis 1850.

(Nach Originalzeichnung.)³⁾

Aus der Tischmaschine entwickelte sich auch die „Bügelmaschine“, die ihren Namen von der als Bügel ausgebildeten Schubstange erhalten hat. F. A. Egells erhielt 1821 ein englisches Patent auf die Bügelma-

¹⁾ Diese Ausführung wurde bei kleineren Maschinen von Trappen in der Märkischen Maschinenfabrik angewandt.

²⁾ Gute Zeichnungen von Tischmaschinen s. Le Blanc, Recueil des machines, Part. II. Taf. 38 bis 42, und Tredgold, Steam Engine London 1838.

³⁾ Die Originalzeichnungen der Egellschen Maschinen sind mir von F. Krupp, Germaniawerft Kiel, der Nachfolgerin von Egells, zur Verfügung gestellt worden.

schine, und in der Egellschen Maschinenfabrik zu Berlin wurde sie lange Zeit als Betriebsmaschine für kleinere und mittlere Leistungen mit Vorliebe ausgeführt, bis schließlich bei größeren Kräften und höheren Umdrehungszahlen die bewegten Massen zu groß wurden. Die Fig. 141 und 142 zeigen eine Egellsche Bügelmaschine, wie sie in den 40er und 50er Jahren vielfach ausgeführt wurde. Bei 418 mm Zylinderdurchmesser und 941 mm Hub arbeitete

sie mit einem Dampfüberdruck von 42 Pfd./Qu.-Zoll (rund 3 at). Sie lief mit 28 Umdrehungen in der Minute und leistete 20 PS.

Der Zylinder steht auf einem gußeisernen Tisch, umgeben von vier Säulen, die eine Plattform tragen, um der Lenkergradführung den Stützpunkt zu bieten; die seitlich herabgehenden Schubstangen schwingen hier in einer zur Kurbelwelle senkrechten Ebene und bilden mit dem oberen und unteren Querhaupte einen die ganze Maschine umfassenden Bügel. Die Geradführung besorgt ein Evansscher Lenker, bei dem eine kleine Gleitvorrichtung den einen Punkt des Lenkers gerade führt. Den Dampf

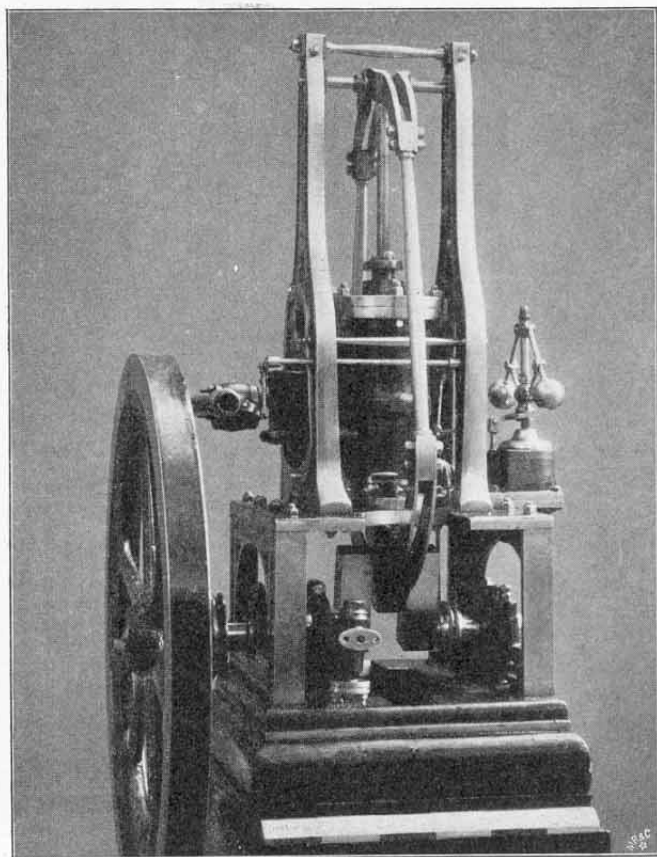


Fig. 143. Maudslaysche Bügelmaschine.
(Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

verteilt ein einfacher Muschelschieber, vor ihm ist ein Expansionsventil angeordnet, das von einem durch den Regulator verschiebbaren unrunder Nocken betätigt wird; die Drosselklappe wird von Hand verstellt.

Eine neuere Maudslaysche Bügelmaschine, wie sie aus der Tischmaschine sich entwickelte und sehr oft ausgeführt wurde, zeigt Fig. 143. Die Lenkergradführung ist hier durch eine viergleisige Gleitbahn ersetzt. Die Dampfverteilung geschieht durch Schieber, die Regulierung durch einfache Drosselklappe.

Die weitere Entwicklung gab dieser Maschinenbauart ein immer einheitlicheres Gepräge, wie es eine Egellssche Bügelmaschine, Fig. 144, die etwa um 10 bis 15 Jahre älter ist als die in Fig. 141 dargestellte Maschine deutlich erkennen läßt.

Noch größere Verbreitung als die Tischmaschine fand die sog. Bockmaschine, die für die Zeit von etwa 1830 bis 1860 als die normale Betriebsmaschine für kleinere und mittlere Kräfte angesehen werden kann. Hier war die Kurbelwelle über dem Zylinder, gewöhnlich getragen von einem säulenartig oder bockartig ausgebildeten Gestell, angeordnet. Die hohe Lage der Kurbelwelle machte es möglich, die ebenfalls hochliegende Wellenleitung unmittelbar anzutreiben. Die verschiedenen Formen der Bockmaschine unterscheiden sich durch die Art des Aufbaues, der Geradföhrung, der Steuerung und der Anordnung der Kondensation.

Fairbairn führte kleinere Betriebsmaschinen dieser Bauart in Größen bis etwa 15 PS schon anfangs der 30er Jahre aus. Die Fig. 145

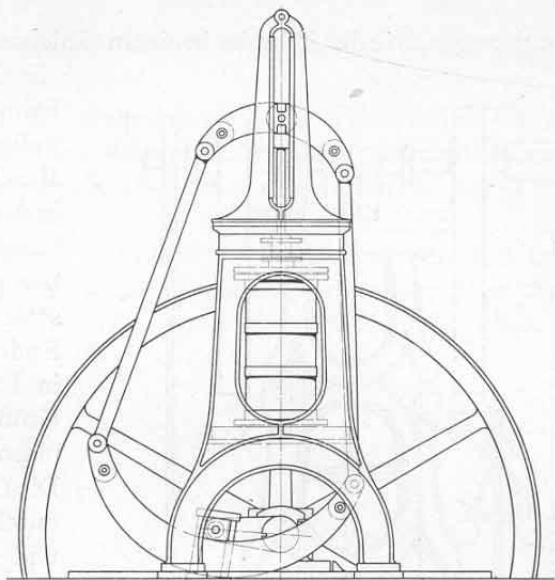


Fig. 144. Bügelmaschine von Egells. (Orig.-Zeichnung.)

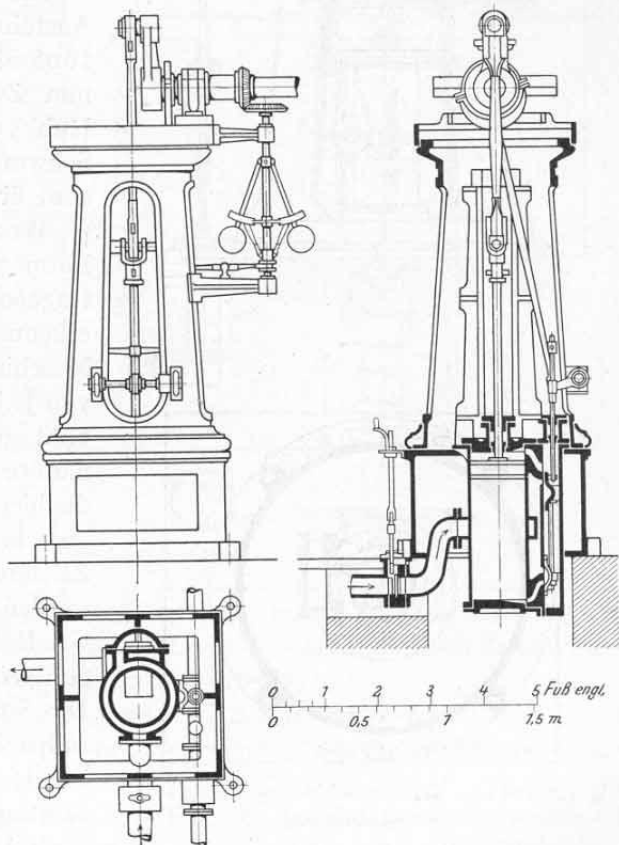


Fig. 145 bis 147. Stehende Dampfmaschine v. Fairbairn um 1835.
(Nach Tredgold, Steam Engine, London 1838.)

bis 147 zeigen, wie der Zylinder in einem säulenartigen Gestell eingebaut ist, wie

die Geradföhrung durch vier Gleitbahnen erfolgt und die Kurbelwelle mit einem Lager auf dem Maschinengestell, mit dem anderen in dem Mauerkasten des Maschinenhauses ruht. Die Dampfverteilung bewirkt ein geteilter Muschelschieber. Diese Bauart wurde Ende der 40er Jahre von Farcot in Paris aufgenommen, der sie in GröÖen bis zu 15 PS als Betriebsmaschinen vielfach ausgeföhrt hat. Die Gleitbahnen ersetzte er wieder durch einen Evansschen Lenker und gab dem Maschinengestell kreisförmigen Querschnitt.

Als Beispiel einer deutschen Ausföhung sei in Fig. 148 eine 16pferdige „Turmmaschine“ (314 mm Zyl.-Durchmesser, 628 mm Hub) von Borsig dargestellt. Die Schwungradwelle liegt hier fast 4 m über dem Boden.

Wesentlich häufiger als diese Form wurde ein von Säulen getragenes Gestell, wie es Fig. 150 erkennen läÖt, benutzt. Diese Maschine wurde in den 40er Jahren von J. J. Meyer in Mülhausen gebaut und zeigt die nach ihm genannte Doppelschiebersteuerung, die hier auch schon vom Regulator aus in der Weise, wie es die Zeichnung erkennen läÖt, verstellt werden konnte. Die Rollen der Gradföhrung wurden später zugunsten der Gleitstücke verlassen. Die Stopfbüchse hat bereits Metallpackung, die erst ein Halbjahrhundert später dauernd zur Einföhrung kam; bemerkenswert ist auch der KeilverschluÖ des oberen

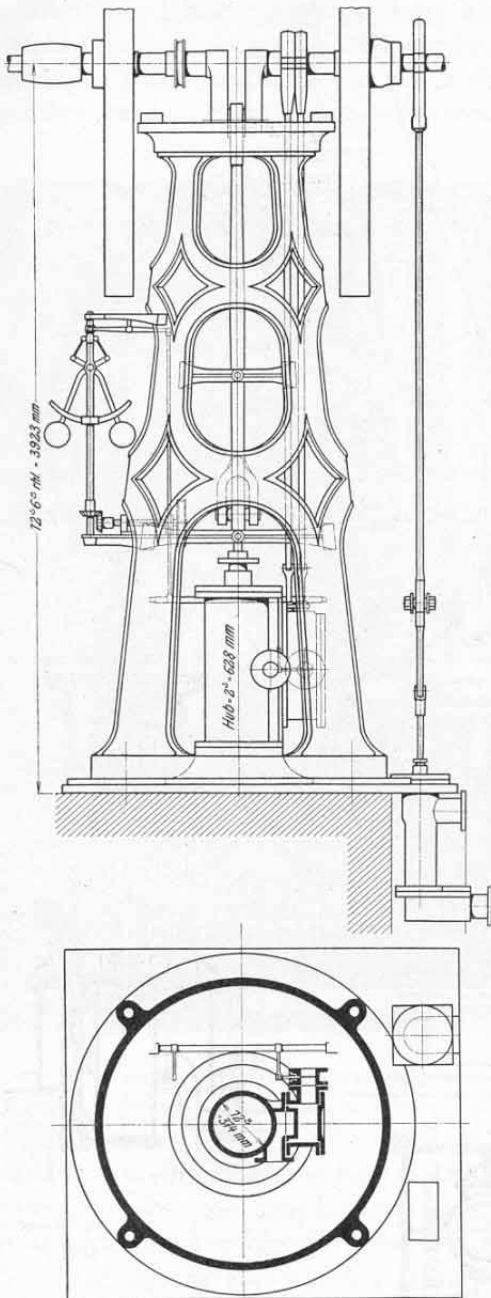


Fig. 148 und 149. Turmmaschine von Borsig 1856.

(Nach Originalzeichnung.)

Hauptlagers, der aus der Zeit stammt, wo noch jeder Maschinenbauer;

abgeschreckt durch die Herstellungsschwierigkeiten, jede Schraube ängstlich zu vermeiden suchte.

Ein bogenartig ausgebildetes Gestell zeigt die Bockmaschine Fig. 152. Sie kennzeichnet den lange Zeit beliebten Architekturstil und läßt erkennen, wie unschön auch ein streng gotischer Spitzbogen dort wirkt, wo er nicht hingehört.

Die neuzeitliche Entwicklung mit ihren großen Leistungen und hohen Umlaufzahlen hat die Bockmaschine der Vergangenheit anheimfallen lassen. Die umgekehrte Aufstellung, die Welle unten und der Zylinder oben, wie

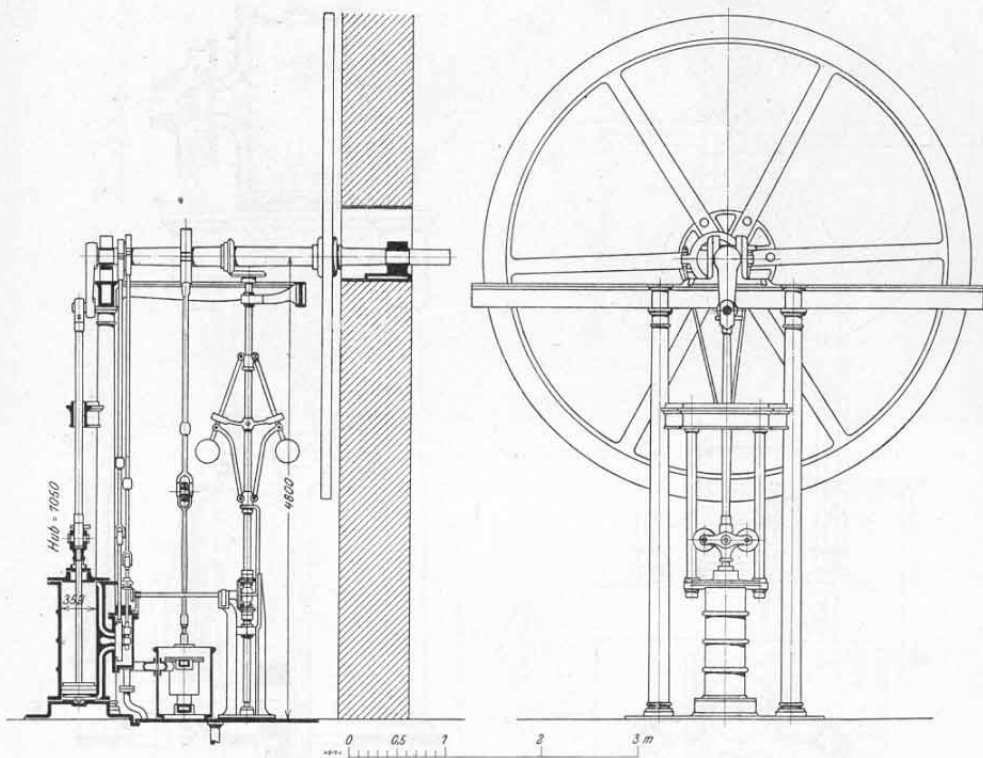


Fig. 150 und 151. Bockmaschine von J. J. Meyer in Mülhausen um 1845.

(Nach Originalzeichnung.)

sie schon Favre und Clegg versucht hatten, wurde auch bei den ortsfesten stehenden Betriebsmaschinen, nachdem sie als Schraubenschiffsmaschinen sich glänzend bewährt hatte, allgemein eingeführt.

Aber auch in dem hier behandelten Zeitabschnitt findet sich bereits diese Bauart, allerdings noch mehr oder weniger den anderen besprochenen Maschinenformen nachgebildet.

So zeigt die Borsigsche Maschine Fig. 154 das gleiche Säulengestell wie die Bockmaschinen; Zylinder und Kurbelwelle haben nur ihre Plätze vertauscht. Die viergleisigen Gleitbahnen sitzen zwischen den Säulen.

Auch die Turmmaschine findet sich mit unten liegender Welle ausgeführt. Die elegante Bauart, die Fig. 155 erkennen läßt, rührt von einem schweizer Ingenieur Zuest her, der sie um 1860 in der Barmer Maschinenfabrik von Wever (heute Friedr. Spies Söhne) ausführte. Bei diesen „Pyramidalmaschinen“ war der Zylinder mit einem außen kegelförmigen Dampfmantel aus einem Stück gegossen, Fig. 159. Die Dampfverteilung

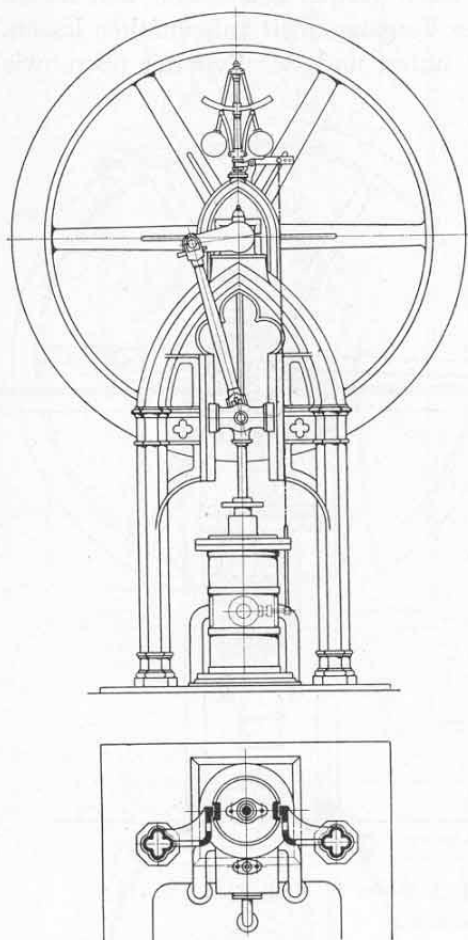


Fig. 152 und 153. Bockmaschine um 1850
(Hartmann, Chemnitz).
(Nach Originalzeichnung.)

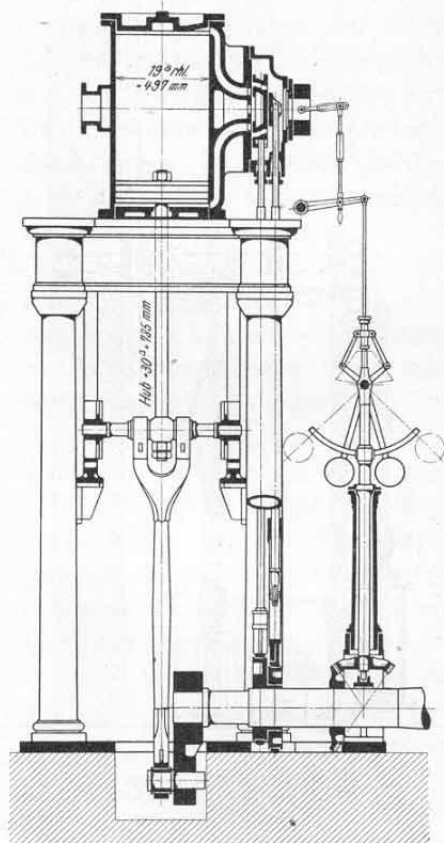


Fig. 154. Stehende Dampfmaschine
Borsig 1856.
(Nach Originalzeichnung.)

geschah durch Schieber und Expansionsventil, die durch Exzenter und unrunde Scheiben von der stehenden Regulatorwelle aus bewegt wurden. Zwei Speisepumpen wurden unmittelbar von dem Kreuzkopfzapfen angetrieben.

Eine sehr bemerkenswerte Ausführung, die in ihrer ganzen Bauart und konstruktiven Ausbildung der Einzelheiten den großen Konstrukteur

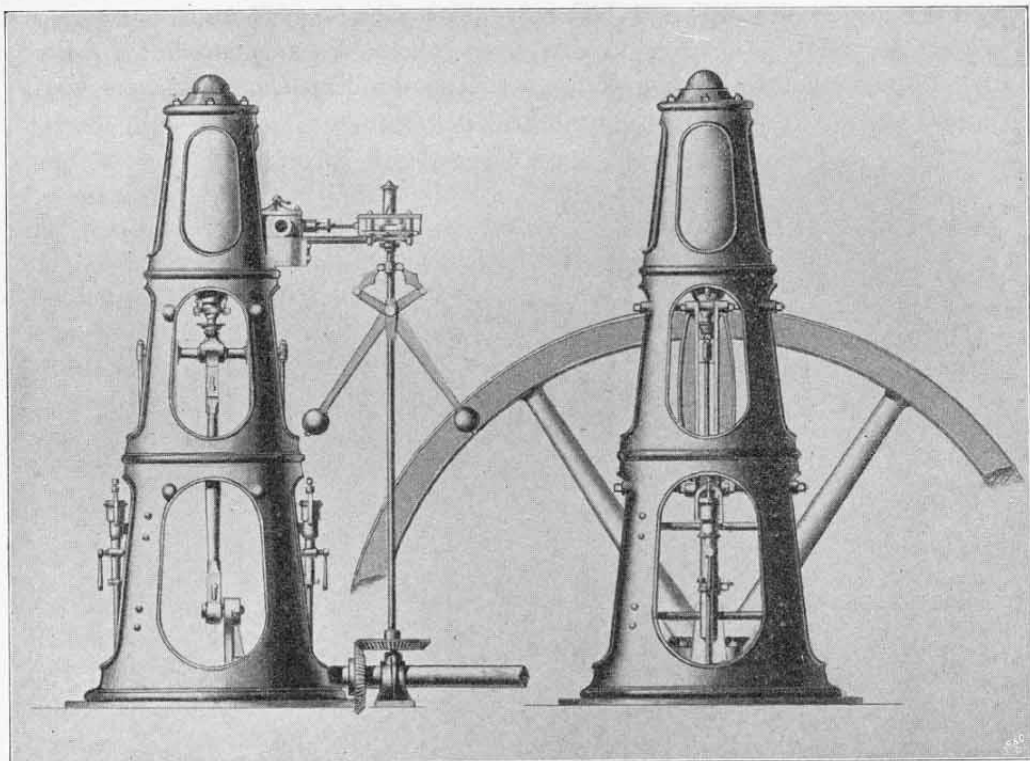


Fig. 155. „Pyramidmaschine“ Wever-Barmen 1860. (Originalzeichnung.)

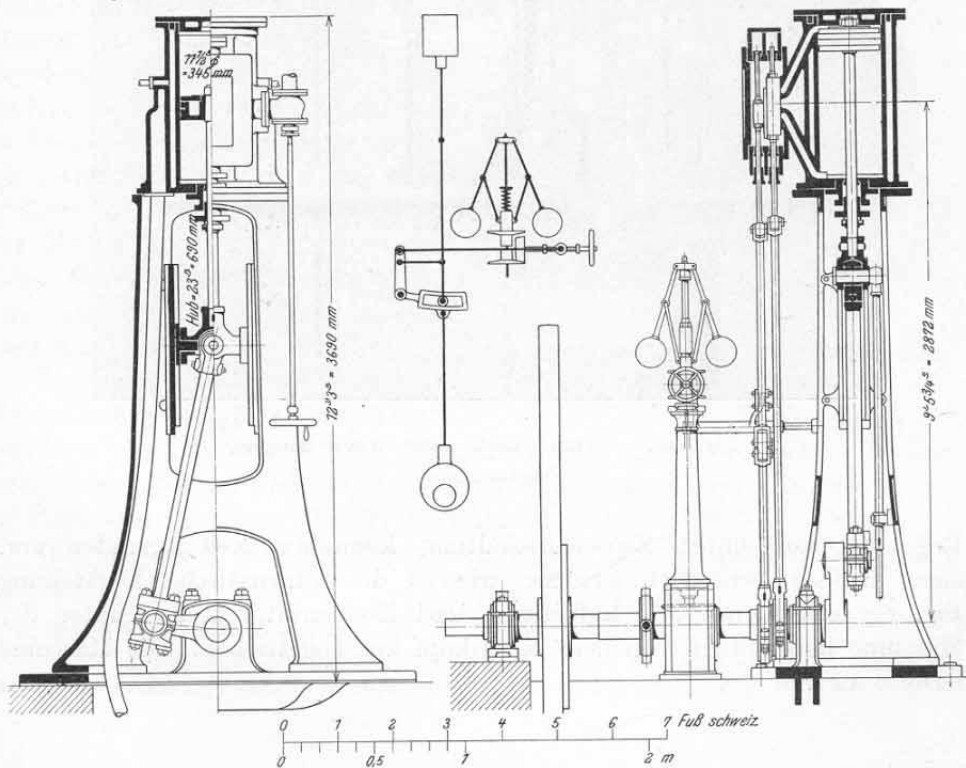


Fig. 156 bis 158. Stehende Betriebsdampfmaschine Sulzer-Winterthur 1858. (Nach Orig.-Zeichnung.)

verrät, zeigen die Fig. 156 bis 158. Von Charles Brown entworfen wurde sie von Gebr. Sulzer in den 50er Jahren vielfach ausgeführt. Bei der Doppelschiebersteuerung kann der Hub des Expansionschiebers vom

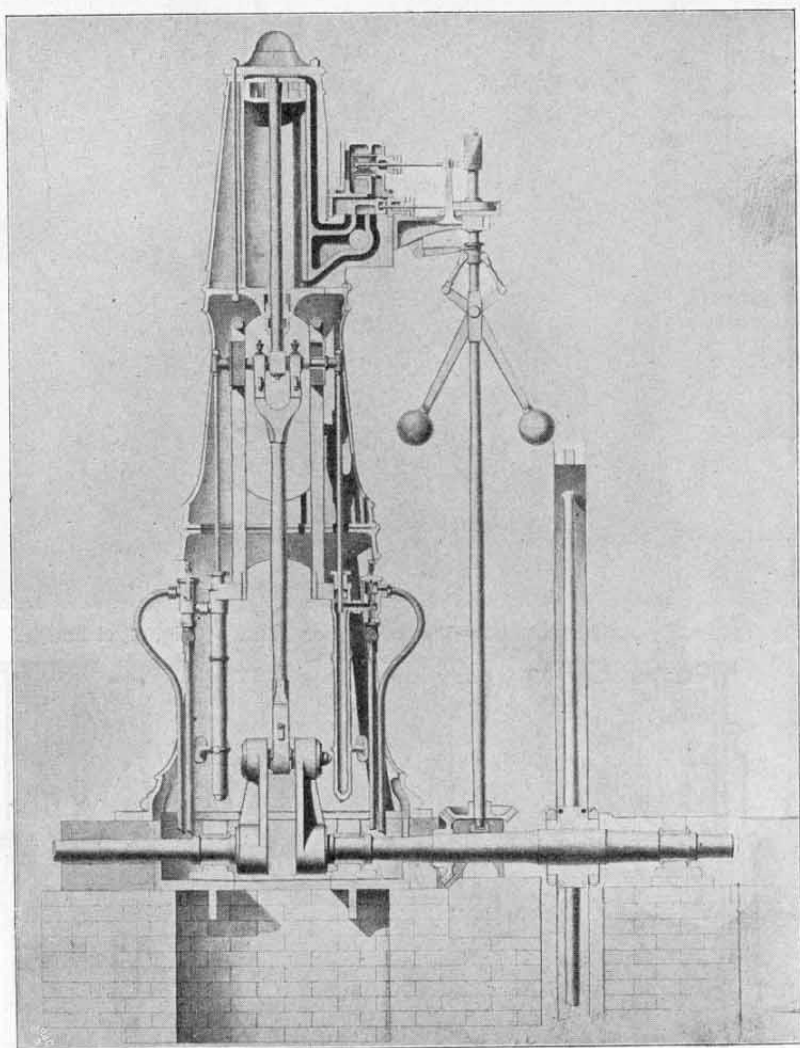


Fig. 159. „Pyramidalmaschine“ Wever-Barmen.

(Originalzeichnung.)

Regulator aus unter Zwischenschaltung konischer Reibungsräder und einer Kulisse verändert werden, wie es die schematische Darstellung Fig. 157 erkennen läßt. Luftpumpe und Kondensator stehen unter der Maschine und werden von dem Kreuzkopf aus angetrieben. Die Maschine leistete 12 PS.

In der gleichen Zeit wurden von Gebr. Sulzer auch für kleine Leistungen Maschinen wie Fig. 160 ausgeführt. Auch sie zeigen in dem ganzen Konstruktionsaufbau bereits neuzeitige Formen. Interessant ist der von Brown damals öfter benutzte schräggestehende Schwungringregulator, der hier, über der Maschine angebracht, die Drosselklappe zu verstellen hat.

Zum Schluß sei noch eine kleine Maudslaysche Maschine, die 1862 auf der Londoner Ausstellung war, dargestellt, Fig. 161. Der Dampfzylinder ist 4,1 Zoll (104 mm) weit und hat 4,5 Zoll (114 mm) Hub. Der Watt'sche Regulator, der die Maschine krönt, wirkt auf eine Drosselklappe.

c) Oszillierende Dampfmaschinen.

Der Wunsch, Dampfmaschinen für kleinere Betriebe so einfach und billig als möglich herzustellen, führte zu den Bauarten mit schwingenden Zylindern, von denen Murdock ein Modell bereits 1785 ausgeführt hatte. Fig. 162 zeigt das Modell, wie es von Muirhead angegeben wird. Das Original wird im Kensington-Museum aufbewahrt; es ist aus Holz gefertigt und wurde wahrscheinlich mit Druckluft betrieben, die später Murdock auch für Kraftübertragung angewendet hat. Der Zylinder ist nur 1,5 Zoll (38 mm) weit und hat 4 Zoll (102 mm) Hub.¹⁾

Trevithick und der Amerikaner French haben im Anfang des 19. Jahrhunderts ebenfalls oszillierende Maschinen anzuwenden versucht. In den praktischen Betrieb aber wurde dies Maschinensystem erst 1820 von Cavé in Paris und 1821 von Manby in England eingeführt.²⁾

Fig. 163 zeigt die Anordnung von Cavé. Auf säulengetragem Ge-

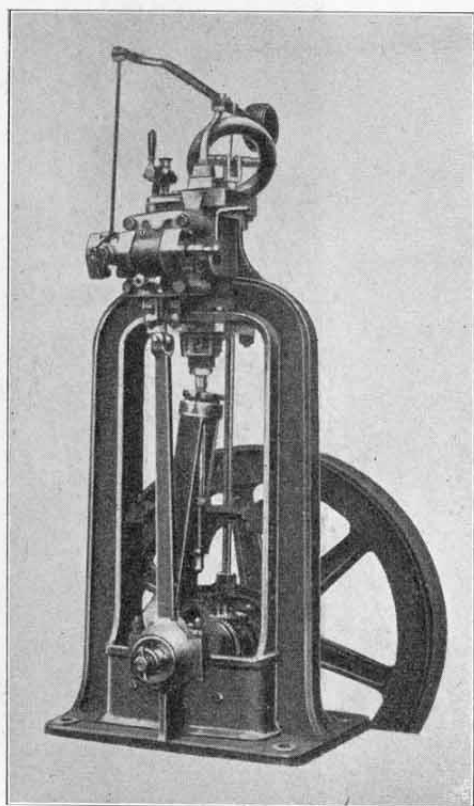


Fig. 160. Stehende Betriebsdampfmaschine Sulzer-Winterthur 1855.

¹⁾ s. Katalog des Museums S. 25.

²⁾ Die größte Bedeutung gewann die oszillierende Maschine als Schiffsmaschine, hier ist sie besonders auf Raddampfern sehr gern verwendet worden.

stell ruht die Kurbelwelle, unter ihr hängt in zwei in seiner Mitte angebrachten hohlen Drehzapfen der langhubige Zylinder. Auf ihm sind zwei Stangenrahmen, zwischen denen das mit Gleitrollen versehene Kolbenstangenende sich bewegt, aufgeschraubt. Zwei konische, an den Enden des Zylinders angebrachte Drehschieber dienen zur Dampfver-

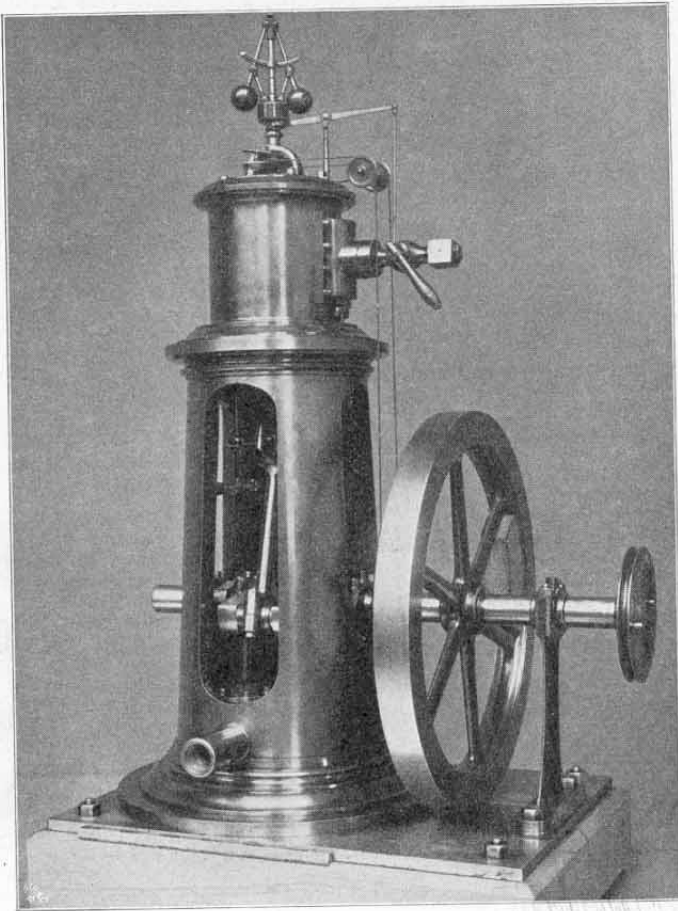


Fig. 161. Betriebsdampfmaschine Maudslay 1860.
(Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

teilung; sie werden von einer durch konische Zahnräder von der Kurbelwelle aus angetriebenen Welle unter Zwischenschalten eines Universalgelenkes gedreht. Der Dampfeintritt erfolgt durch den Zylinderzapfen, der austretende Dampf wird durch zwei sehr dünne, sich um den Zylinder windende kupferne Röhrrchen dem anderen Zapfen zugeführt.

Die Maschine fand große Beachtung und wurde unter anderem auch von der industriellen Gesellschaft zu Mülhausen einer sorgfältigen Prüfung

durch Dauerversuche unterzogen. Cavé hatte bei einer Leistung von 16 PS einen Kohlenverbrauch von 2,9 kg-st garantiert, die Versuche ergaben aber 5 kg. Außerdem lief die Maschine trotz eines riesigen Schwungrades sehr ungleichmäßig.¹⁾

In Preußen hatte Egells ein Patent auf oszillierende Maschinen und führte sie in sehr gedrungener Bauart mehrfach für kleinere Kräfte aus. Fig. 164 bis 166. Die Dampfverteilung geschah durch einen feststehenden

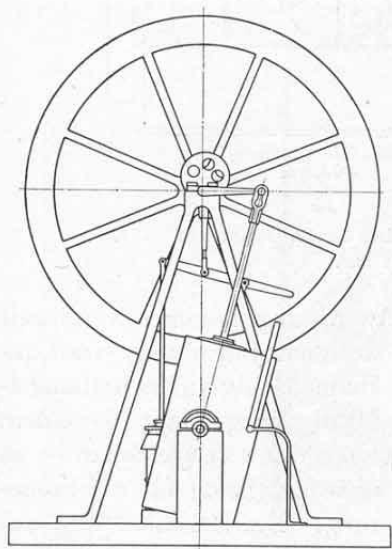


Fig. 162.

Murdocks oszillierende Maschine 1785.

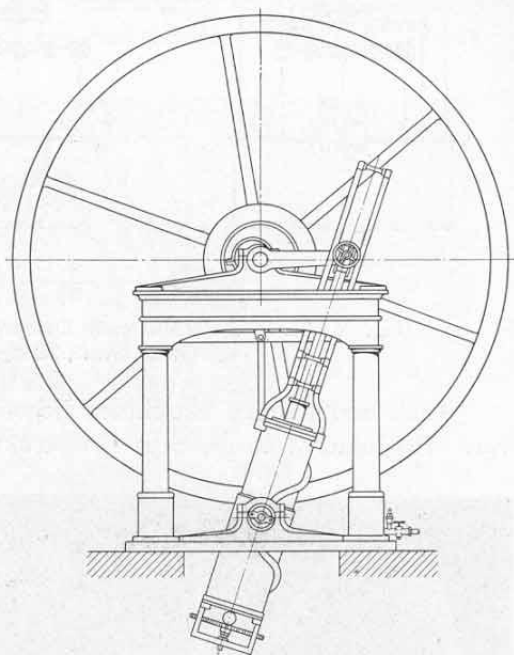


Fig. 163.

Oszillierende Maschine Cavé-Paris 1820.

Schieber, dessen Spiegel, am Zylinder befestigt, mit dem Zylinder sich entsprechend bewegte. Auch diese Maschine stammt aus dem Anfang der 20er Jahre.

Bei den meisten oszillierenden Maschinen war der Schwingzapfen in der Mitte des Zylinders angeordnet, doch finden sich auch Ausführungen, bei denen der Zylinder unten mit Drehzapfen versehen ist. Alban, der die oszillierende Maschine sehr bevorzugte, legte die Schwingungsachse oben hin. Der Zylinder hing wie ein Pendel über der Kurbelwelle. Der Zylinder war hierbei in einem rechteckigen Rahmen angeordnet, der Platz genug

¹⁾ Auch schon vor Cavé plante 1815 Reichenbach in München oszillierende Zylinder zum Betrieb seiner Postdampfkutsche anzuwenden, mit der er in 50 Stunden von München nach Wien fahren wollte.

ließ, zwischen ihm und dem Zylinder Dampfzu- und Ableitung anzubringen. Der Drehzapfen diente hierbei somit nicht als Dampfleitung.

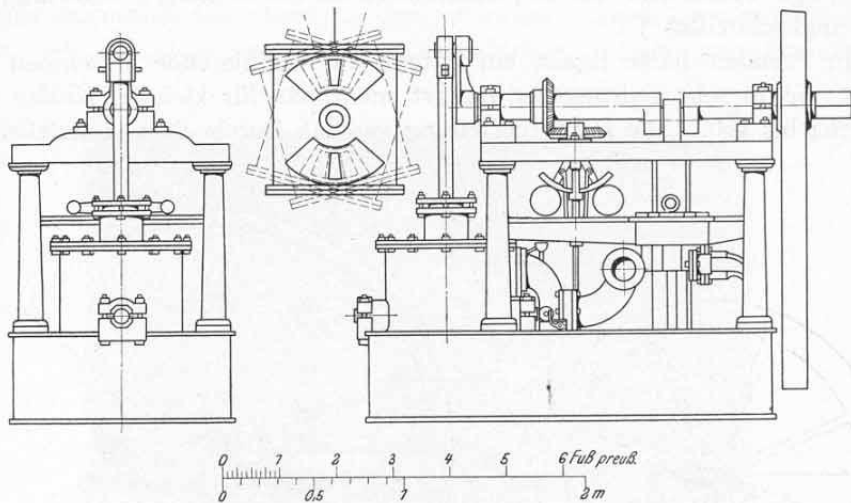


Fig. 164 bis 166. Oszillierende Dampfmaschine Egells-Berlin um 1825.
(Nach Severin, Beiträge, Berlin 1826.)

Auch oszillierende Maschinen liegender Anordnung kommen vereinzelt vor. Bei einer französischen Konstruktion aus dem Jahre 1847 war das Ende des Zylinders halbkugelförmig ausgebildet — einem Kniegelenk vergleichbar — es diente zugleich für die Steuerung. Die Maschine war einfachwirkend und nur für kleinere Kräfte geplant.

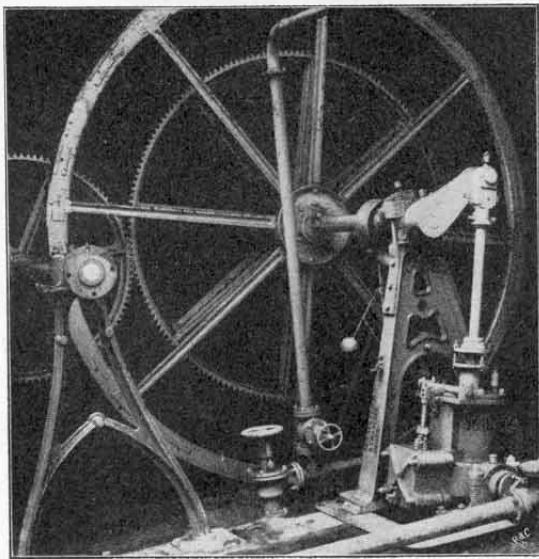


Fig. 167. Oszillierende Maschine 1851.

In Deutschland baute in den 40er Jahren vor allem auch Borsig oszillierende Maschinen, deren Schwingachsen in der Mitte des Zylinders angeordnet waren. Sie sahen etwa aus, wie die Maschine, Fig. 167, die 1851 erbaut, bis vor wenigen Jahren noch bei van der Zypen & Charlier in Köln im Betrieb gewesen ist. Augenscheinlich ist der Hauptständer der Maschine später ersetzt worden, denn er zeigt gegenüber dem Träger der Transmissionswelle bereits wesentlich neuere Formgebung.

Auch oszillierende Maschinen mit zwei Zylindern sind ausgeführt worden, fanden jedoch wenig Verbreitung. Schon 1822 hatte sich J. Brunel eine Bauart, bei der zwei unter 90° gegeneinander geneigte Zylinder auf eine Kurbel arbeiteten, schützen lassen. Er wollte sie besonders als Schiffsmaschine verwenden. Maudslay führte dann einige Jahre später (1825 bis 1827) eine solche oszillierende Zwillingmaschine aus, Fig. 168.¹⁾

Mit den 60er Jahren verlor sich immer mehr die oszillierende Maschine, man verlangte eine solide, dauerhafte Maschine, bei der sich auch die Steuerung bequem anbringen ließ, und verzichtete zugunsten dieser Vorteile gern auf die durch die oszillierende Maschine erreichbare gedrängtere Bauart.

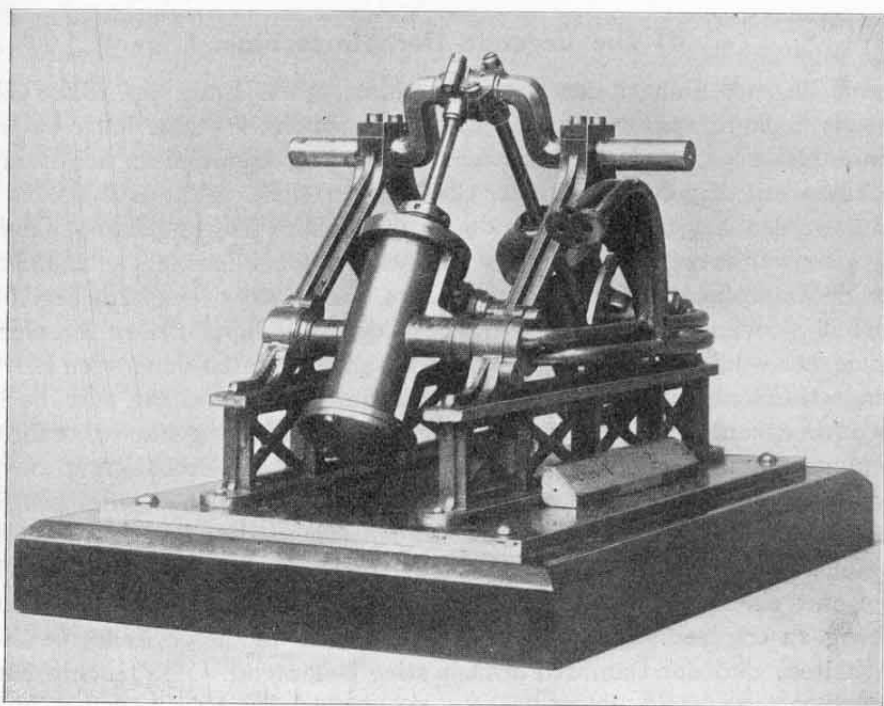


Fig. 168. Oszillierende Zwillingmaschine Maudslay 1826.

(Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

Nebenbei sei erwähnt, daß man auch Maschinen mit feststehendem Zylinder und oszillierender Kolbenstange zu bauen versuchte. Als Trunkmaschine spielten sie eine Zeitlang im Schiffsmaschinenbau eine große Rolle und werden dort zu besprechen sein.

Die hohle Kolbenstange ließ sich durch einen verschiebbaren Zylinderdeckel umgehen. Auch diese Bauart hat eine Anzahl Ausführungen erlebt. So wurden in England und Amerika Maschinen gebaut, bei denen die

¹⁾ s. Katalog des Kensington Museums, London 1901. Part. I, S. 24.

Stopfbüchsen mit zwei Zapfen auf einem Schieber ruhten, welcher in einem schwalbenschwanzförmigen Rahmen des Zylinderdeckels hin und her geschoben werden konnte. Bei Niederdruckmaschinen war eine Dichtung wohl noch zu erreichen; bei höher gespanntem Dampf zog man es vor, den Schieber unter dem Deckel anzubringen, wo der Dampf ihn gegen den Deckel preßte. In Frankreich erhielt auf diese Lösung A. Legendre 1842 ein Patent. Den Zylinder seiner Maschinen zeigt Fig. 169.¹⁾

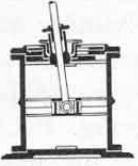


Fig. 169.
Zylinder mit schwin-
gender Kolbenstange
Legendre 1842.

d) Die liegende Dampfmaschine.

Die liegende Bauart der Dampfmaschine, schon Ende des 18ten Jahrhunderts geplant, später immer wieder von neuem versucht, hatte anfangs gegen zahllose Vorurteile zu kämpfen. Lange Zeit konnte man sich Dampfmaschinen mit liegendem Zylinder kaum vorstellen. Erst seit 60 bis 70 Jahren werden liegende Maschinen auch für größere Leistungen angewendet. Und zwar war es die Lokomotivdampfmaschine — bei der man auch anfangs stehende Dampfmaschinen versucht hatte, dann aber aus naheliegenden Gründen gezwungen war, zu schrägliegenden und horizontalen Maschinen überzugehen — die bewies, daß man auch im angestregten dauernden Betrieb liegende Maschinen verwenden könne. Als Hauptübelstand sah man die einseitige Abnutzung des Zylinders durch den Kolben an. Ungenaue Ausführung und ungenügende Abmessungen mögen eine gewisse Berechtigung zu den übertriebenen Befürchtungen gegeben haben. Sehr verschiedenartig, zuweilen geradezu wunderlich waren die Mittel, mit denen man die so sehr gefürchteten Nachteile aufzuheben suchte. Anfangs versah man vielfach den Kolben unten mit einer Rolle, suchte also die gleitende Reibung durch rollende Reibung zu ersetzen. Natürlich war der Kolben an dieser Stelle nie dicht zu erhalten, und der Dampfverbrauch stieg bedeutend. Man machte ferner die Kolbenstange sehr stark, führte sie durch den Boden des Zylinders und ließ sie durch lange Stopfbüchsen sicher tragen, oder man gab auch der hinteren Kolbenstange noch eine besondere Gradführung. Auch den Kolbenkörper machte man breiter als es bisher üblich war oder brachte besondere Tragschuhe an. Die Durchführung der Kolbenstange bewährte sich und wurde beibehalten. Manchen genügte aber auch dies noch nicht, und so finden sich noch in den 60er Jahren Konstruktionen, bei denen der Kolben festgestellt ist und der Zylinder mit breiten Tatzen auf dem Fundamentrahmen gleitend hin und her geschoben wird und seine Kraft auf die Kurbelwelle überträgt. Einer schlug sogar vor, den Zylinder als Kreis-

¹⁾ Eine 10pferdige Maschine wog mit Schwungrad 2210 kg und kostete 6000 Fr. s. Armengaud, Public. industr. des Machines, Bd. 4, Taf. 14. Paris 1852.

ringstück auszuführen und die entsprechend gebogene Kolbenstange in dem Krümmungsmittelpunkt festzuhalten! Der neueren Zeit gehört das Collmannsche Mittel der einseitig durchgebogenen Kolbenstange an, die unter dem Gewicht des Kolbens sich geradebiegt.

Das äußere Aussehen der liegenden Maschinen wird durch die Form des Bettes, die Anordnung der Steuerung, den Antrieb der zur Kondensation und zum Kesselspeisen bestimmten Pumpen bedingt. Die größte Mannigfaltigkeit ist auch hier zu finden. Zunächst wurden die einzelnen Teile, Zylinder, Gradführung und Lager, auf gußeiserner Platte, die höchstens mit niedrigen, dem Fundament zugekehrten Rippen verstärkt war, aufgebaut. Diese Grundplatte wurde nach und nach stärker ausgeführt und bildete sich schließlich zu mehr oder weniger hochgehaltenem Rahmen von U- oder T-förmigen Querschnitt aus, der entweder ganz geschlossen oder durch Querriegel noch versteift ist, oder aus zwei parallel laufenden Balken besteht, die nur an wenigen Stellen durch Querstücke miteinander verbunden sind. Der Rahmen wurde meistens in gleicher Höhe durchgeführt, zuweilen bildete er auch nur, soweit er Zylinder und Gradführung zu tragen hatte, ein erhöhtes Gestell und lief nach dem Schwungradlager zu in eine dünnere Platte aus. Der Zylinder ruhte mit breitem Ansatz fest auf dem Rahmen, er war vielfach tiefgelegt, d. h. seine Mittelachse war der oberen Rahmenebene möglichst genähert. Meistens wurde die Gradführung viergleisig ausgeführt. Die Kolbenstange endigte in einem Querhaupte, das ebene Gleitklötze trug, die zwischen den vier Gleitschienen sich verschoben. Die Gleitbahnen waren auf dem Rahmen aufgeschraubt; war der Rahmen breit, so wurde damit auch ihre Entfernung groß, das lange Querhaupt führte leicht ein Ecken herbei, um so mehr, da die Abmessungen oft sehr schwach waren. Deshalb findet man auch öfters den Rahmen eingeschnürt und die Gleitbahn möglichst eng aneinandergerückt, oder man setzte die Gleitbahnen auf zwei die Längsstücke der Rahmen verbindende Querstücke.

Die Schubstange griff mit ihren gegabelten Enden in der Mitte des Querhauptes an; aber auch alle anderen denkbaren Gradführungen kamen vor. So führte man die Kolbenstange in einer stopfbüchsenartig ausgestalteten Büchse und ließ die fast der ganzen Länge nach gegabelte Schubstange unmittelbar an der Kolbenstange angreifen, oder man benutzte die bei den Lokomotiven übliche zweigleisige Gradführung. Hier wurden entweder die beiden Schienen so weit voneinander entfernt, daß die Schubstange zwischen ihnen schwingen konnte, oder die Schubstange wurde gegabelt und umfaßte die Gradführung. Auch eingleisige Gradführungen kamen vor; selbst Lenkergradführungen sind bei liegenden Maschinen angewendet worden. Das Kurbellager war anfangs stets als besonderer Teil auf dem Rahmen aufgeschraubt, erst später begann es auch mit dem Rahmen zu einem Ganzen zu verwachsen, es wurde angegossen.

Für die Dampfverteilung wurden in den meisten Fällen Schieber bevorzugt; alle Arten der Expansionssteuerung kamen vor. Anfangs waren viel-

fach die Schieber auf dem Zylinder angeordnet und wurden von Hilfswellen, die über der Gradführung gelagert waren und von der Kurbelwelle aus durch Exzenter hin- und hergedreht wurden, angetrieben. Später verließ man diese Anordnung und ging zu seitlich angeordneten Schiebern über, die in üblicher Weise durch Exzenter angetrieben wurden. Man ordnete sie, um möglichst kurze Kanäle zu erhalten, wohl auch auf der äußeren Zylinderseite an und betrieb sie von einer kleinen Steuerwelle, die durch eine Gegenkurbel angetrieben wurde. Für die Entwässerung des Zylinders war es günstig, die Schieberachse tiefer als die Zylinderachse zu legen, so daß der Boden des Schieberkastens den Zylinder berührte.

Luftpumpe und Kondensator erhielten die verschiedensten Stellungen; sie standen hinter dem Zylinder und wurden durch die verlängerte Kolbenstange unmittelbar angetrieben, oder man stellte sie unter Maschinensohle und ließ die Luftpumpe bei kleineren Anlagen durch einen Exzenter, bei größeren durch Hebelübertragung von der Kurbel oder vom Kreuzkopf aus antreiben. Auch Anordnungen, bei denen die Luftpumpe in gleicher Höhe mit der Maschine lag und die Pumpenstange fest mit dem Kreuzkopf verbunden war, finden sich. Eigenartig wurde zuweilen das Aussehen der Maschine durch die früher fast stets mit der Maschine verbundene Speisepumpe beeinflußt; oft dienten hierzu zwei mit dem Zylinder gleichhubige Pumpen, die entweder auf beiden Seiten des Zylinders, oder ihm gegenüber auf beiden Seiten der Gradführung lagen. Mit ihrem geringen Durchmesser sahen sie aus wie zwei dünne, lange Röhren, deren Zusammenhang mit der Maschine nicht ohne weiteres verständlich war; ihre Kolbenstangen waren meistens unmittelbar mit dem Querhaupte verbunden. Wenn die Pumpen nicht dicht hielten, bespritzte das Wasser beständig die Maschine, damit wurden sie zu einer Quelle steten Verdrusses für jeden ordnungsliebenden Maschinenwärter.

Eine Anzahl ausgeführter Maschinen, die in zeitlicher Reihe hier folgen, mögen als Beispiele für die vorhergehenden Ausführungen dienen.

Die erste liegende Maschine wird in einem dem französischen Ingenieur Périer 1792 erteiltem Patente beschrieben und durch Fig. 170 dargestellt. Der sehr langhubige Zylinder liegt über dem Wasserkasten; die Dampfverteilung geschieht durch 4 Ventile, die in ganz der Neuzeit entsprechender Weise angeordnet sind, die Einlaßventile liegen über, die Auslaßventile unter dem Zylinder. Wie die Ventile bewegt werden, ist nicht besonders erwähnt. Wahrscheinlich wurden sie, wie es damals allgemein üblich war, durch Anschläge von den auf- und niedergehenden Pumpenkolbenstangen aus bewegt. Die Kolbenstange ist zu beiden Seiten durchgeführt, die beiden Querhäupter sind durch einen hölzernen Rahmen, der sich in entsprechenden Nuten schubkastenartig verschiebt, miteinander verbunden; nach beiden Seiten hin sollten durch Schubstangen und Kurbeln die Kräfte übertragen werden, und zwar wollte Périer die Maschine besonders zum Antrieb der Drehbänke benutzen. Luftpumpe und Kalt-

wasserpumpe werden von einem Balanzier aus angetrieben, der durch einen besonders versteiften Hebel von dem Schieberrahmen aus betätigt wird.

Um eine möglichst gleichförmige Bewegung zu erhalten, schlug Périer bereits vor, 2 Zylinder nebeneinander zu verwenden, die auf 2 um 90° versetzte Kurbel arbeiten sollten. Die kleine Périersche liegende Maschine wurde nur in wenigen Exemplaren ausgeführt und bald wieder vergessen.

1799 erhielt auch Murray ein Patent auf eine liegende besonders langhubige Maschine. Der Kolbenhub war etwa das sechsfache des Zylinderdurchmessers. Der

Erfinder wollte dadurch eine gleichmäßigere Bewegung erhalten. Aus dem Grunde verzichtete er auch auf die Kurbel, bildete die Kolbenstange als Zahnstange aus und verwandte ein sehr verwickeltes Zahnradgetriebe mit festen und losen Rädern, mit dem er die hin- und hergehende Bewegung in eine gleichmäßige Drehbewegung umzuwandeln suchte. Den Kolben ließ er, um einseitige Abnutzung nach Möglichkeit zu vermeiden, durch eine Rolle tragen; der Kolben war dauernd undicht. Dampf ein- und -ausströmung geschah durch Öffnungen im Zylinderboden und Deckel. Bedeutung gewann diese Maschine nicht.¹⁾

1801 begann auch Symington in England liegende Maschinen zu bauen, die sich auch nicht bewährten, da der Kolben nicht dicht zu erhalten war.

Größere Bedeutung gewann die liegende Maschine erst, als der bekannte englische Maschinenbauer Taylor sich damit befaßte. Eine Taylorsche liegende Maschine aus dem Jahre 1826 zeigt Fig. 172.

In einem verhältnismäßig hohen gußeisernen Gestell liegt der langhubige Zylinder; die Gradführung geschieht durch Gleitrollen; die Dampfverteilung wird durch einen unter dem Zylinder liegenden Kolbenschieber, der vom Exzenter aus angetrieben wird, erreicht. Der leichteren Zugäng-

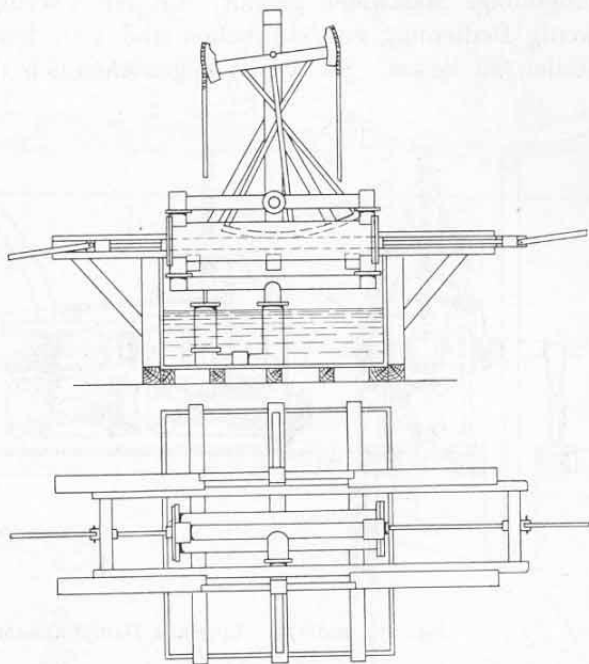


Fig. 170 und 171.

Liegende Dampfmaschine von Périer 1832.

(Nach Severin, Beiträge, Berlin 1826.)

¹⁾ s. Severin, Beiträge, Berlin 1826.

lichkeit wegen findet man ihn bei späteren Maschinen über dem Zylinder angeordnet, wobei man dann allerdings auf die gute Entwässerung des Zylinders verzichtete.¹⁾

Mit der Taylor-Maschine ist gleichsam der erste Entwicklungsabschnitt der liegenden Maschine abgeschlossen; es kamen nun von 1830 etwa an, in schneller Aufeinanderfolge die verschiedensten Ausführungsformen in Aufnahme.

In Amerika wurden in den 30er Jahren vielfach sehr einfache liegende langhubige Maschinen gebaut, die den Vorzug hatten, sehr billig zu sein, wenig Bedienung zu gebrauchen und sich leicht und bequem überall aufstellen zu lassen. Sie waren augenscheinlich der Lokomotivdampfmaschine

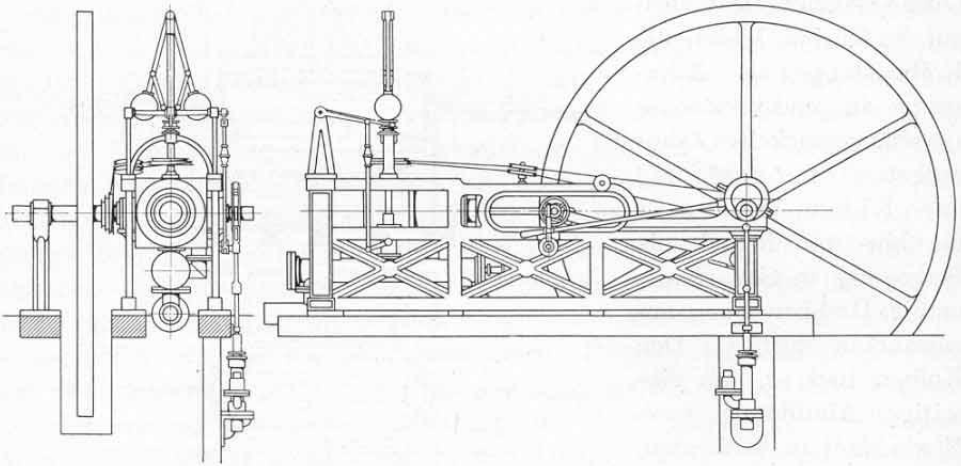


Fig. 172 und 173. Liegende Dampfmaschine von Taylor 1826.

nachgebildet. Fig. 174 zeigt eine dieser Maschinen mit hölzernem Gestell, das aus zwei starken Balken besteht, zwischen denen der Zylinder ruht; an diese Balken sind ferner zwei Stangen als Geradföhrung befestigt und auch das Lager der Kurbelwelle ist darin eingelassen. Bei der nächsten Maschine Fig. 175 ist bereits der hölzerne Maschinenrahmen durch eine ziemlich dünne gußeiserne Platte ersetzt, die auf einem hohen steinernen Fundament ruht. Die amerikanischen Maschinen dieser Bauart arbeiteten alle ohne Kondensation, mit Auspuff. Bei dieser Maschine wird der Auspuffdampf zum Vorwärmen des Speisewassers noch ausgenutzt. Eigenartig ist auch bei der Maschine die Schubstange ausgebildet. Die Steuerung geschah in einfachster Weise durch Schieber. Der Regulator arbeitete auf eine Drosselklappe. Diese einfachen amerikanischen Maschinen waren wirk-

¹⁾ Gerade vom Kolbenschieber hat man lange Zeit nichts wissen wollen, und noch in den 40er Jahren glaubte man vielfach, daß er vollständig unbrauchbar für Dampfmaschinen wäre.

liche „Kolonialmaschinen,“ die z. B. in den Zuckerfabriken Westindiens vielfach verwendet wurden.¹⁾

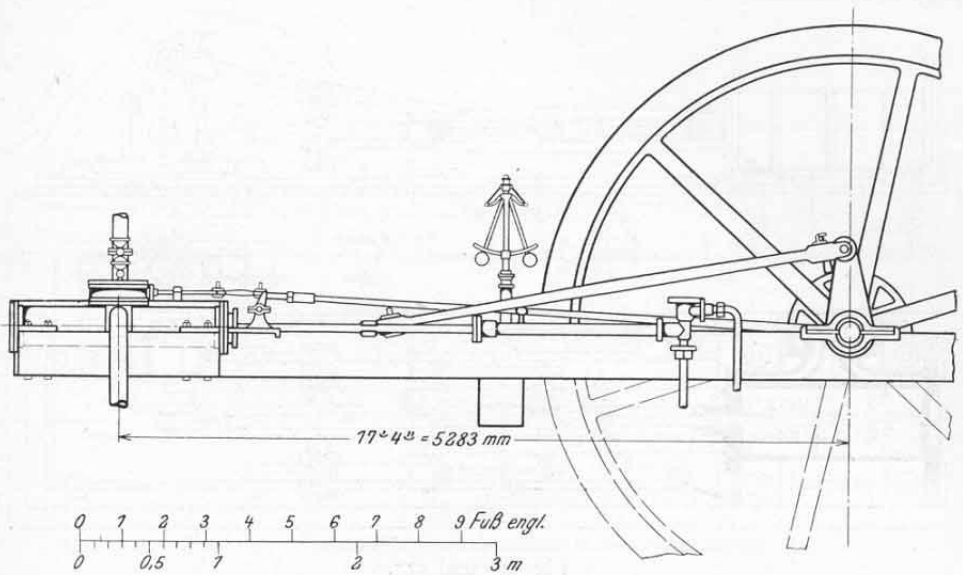


Fig. 174. Liegende Dampfmaschine in Amerika 1835.

(Nach Hodge, Steam Engine, New York 1840.)

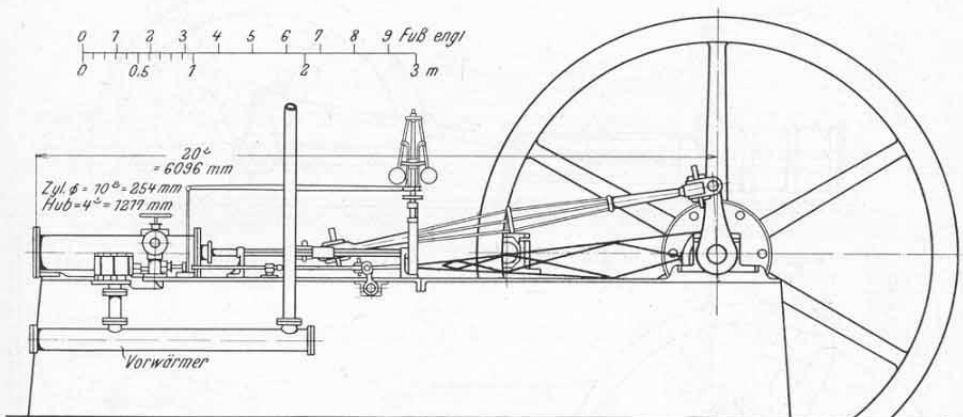


Fig. 175. Liegende Dampfmaschine in Amerika um 1835.

(Nach Hodge, Steam Engine, New York 1840.)

Eine kleine liegende Maschine der Märkischen Maschinenfabrik aus den 40er Jahren zeigt Fig. 176. Auf einer durch Rippen verstärkten gußeisernen Platte sind die einzelnen Teile aufgeschraubt. Die Geradführungsteile sind möglichst nahe aneinander gerückt; von dem verlängerten Kreuz-

¹⁾ s. P. R. Hodge, The steam engine, New York 1840.

kopfzapfen aus werden die beiden symmetrisch angeordneten Kesselspeisepumpen angetrieben. Die Dampfverteilung geschieht durch einfachen Muschelschieber.

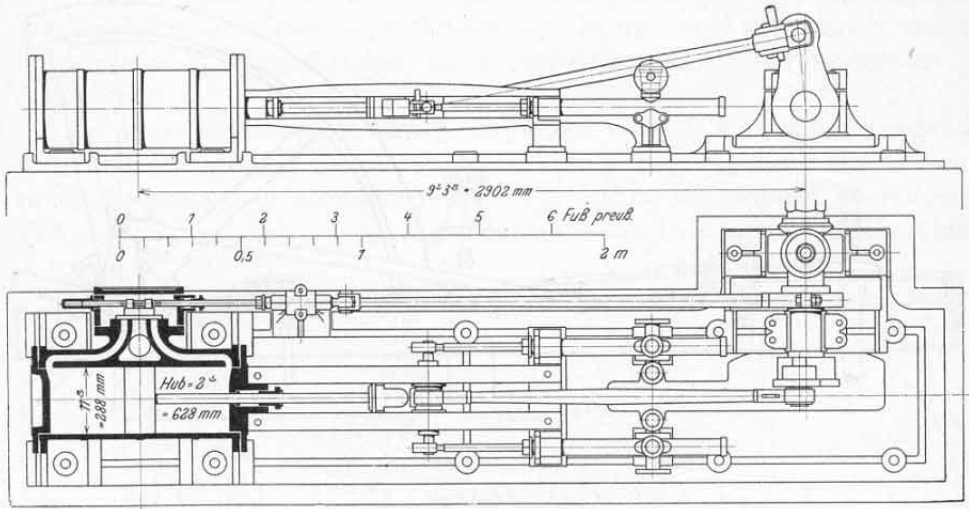


Fig. 176 und 177.

Liegende Dampfmaschine der Märkischen Dampfmaschinenfabrik in Wetter a. d. Ruhr um 1840.
(Nach Originalzeichnung.)

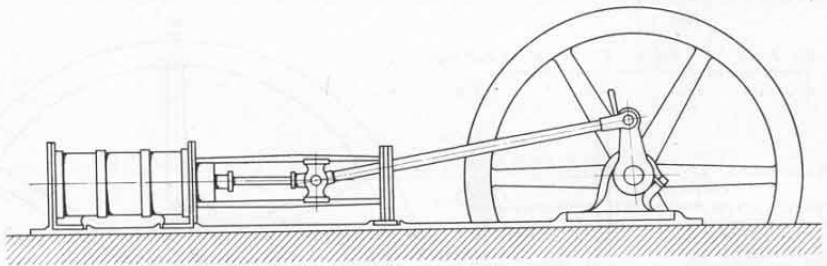


Fig. 178. Liegende Dampfmaschine mit Lokomotivgeradführung.

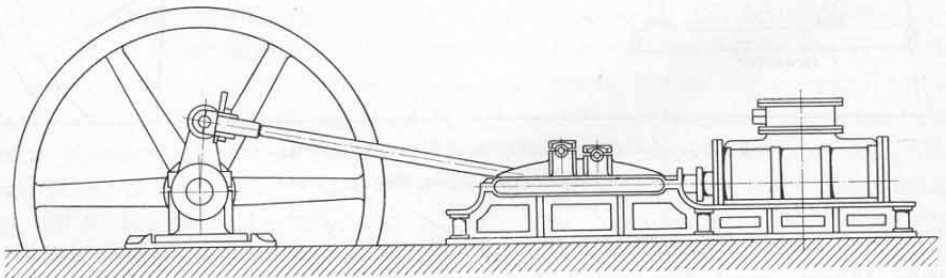


Fig. 179. Liegende Dampfmaschine um 1850.

Die Maschine Fig. 178 zeigt die sog. Lokomotivgeradführung.

Die Maschine Fig. 179 hat einen kräftig gehaltenen Rahmen für Geradführung und Zylinder, der aber mit dem Kurbellager nicht verbunden ist.

Die Schieber liegen auf dem Zylinder und werden von über der Geradföhrung angeordneten Zwischenwellen aus betätigt.

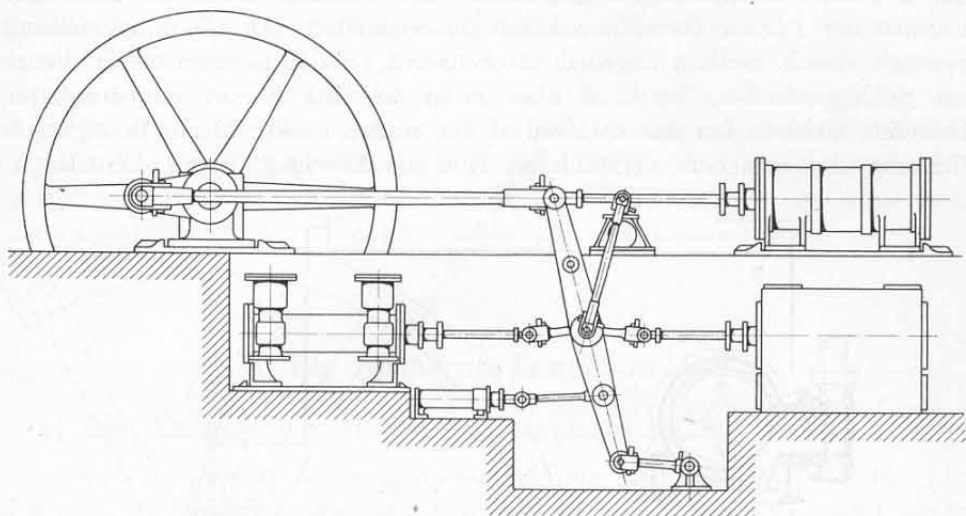


Fig. 180. Liegende Dampfmaschine mit Lenkerföhrung.

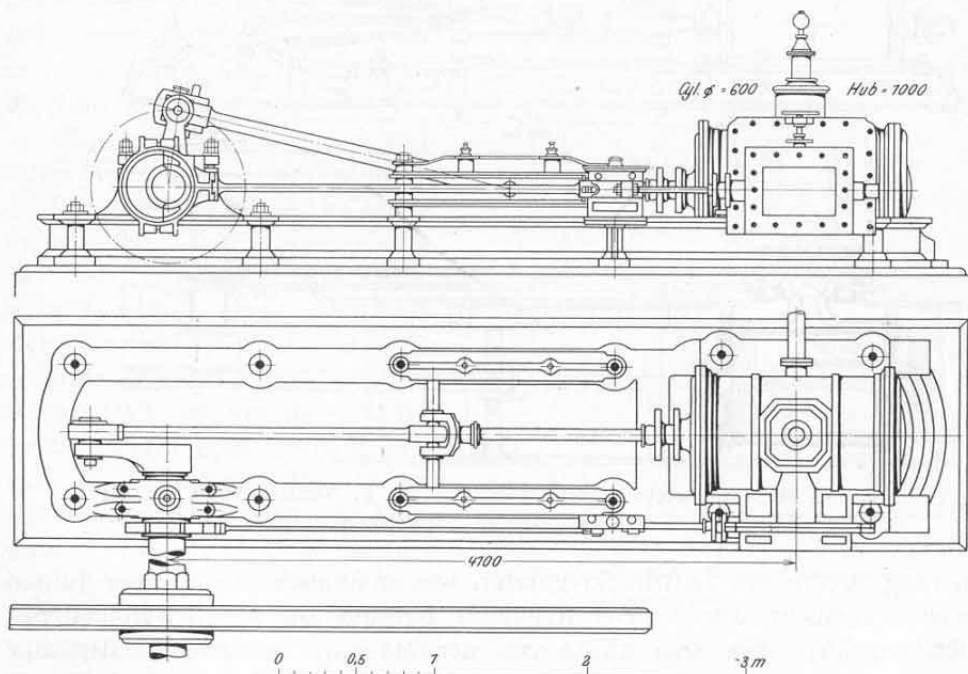


Fig. 181 und 182. Liegende Dampfmaschine von Legavrian-Lille um 1855.

(Nach Armengaud, Des moteurs à vapeur 1861.)

Fig. 180 läßt erkennen, wie auch Lenkergeradföhrungen bei liegenden Maschine zuweilen Verwendung gefunden haben.

Fig. 181 zeigt eine französische Konstruktion aus den 50er Jahren. Sie rührt von Legavrian in Lille her, dessen Maschinen sich besonders durch starke Abmessungen gegenüber den vielfach etwas zu zierlichen Formen der Pariser Dampfmaschinen auszeichneten. Die Dampfverteilung geschah durch seitlich angeordnete Schieber; als Expansionsorgan diente ein Schlepplieber, bei dem aber nicht wie bei Farcot ein drehbarer Daumen, sondern ein durch Handrad von außen senkrecht zur Bewegungsrichtung des Schiebers verstellbarer Keil als Anschlag diente. Zur Regu-

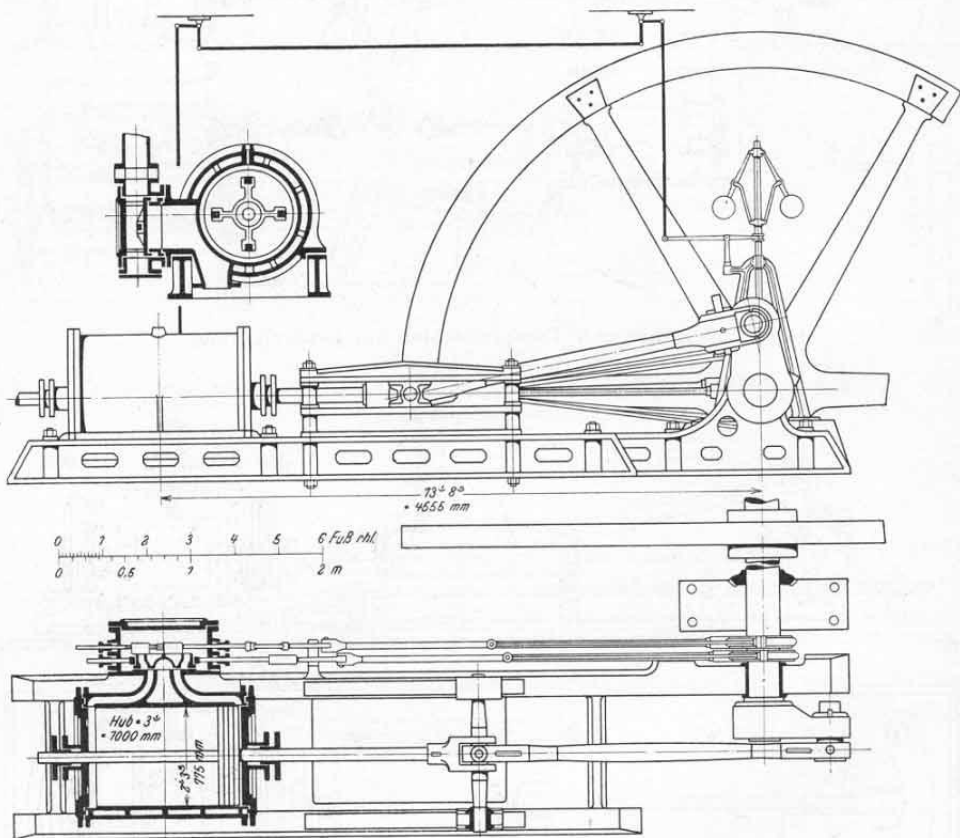


Fig. 183 bis 185. Liegende Dampfmaschine von F. Wöhlert-Berlin um 1855.

(Nach Zeichnungen der „Hütte“, Berlin.)

lierung diente ein Luftdruckregulator, wie er ähnlich in den 30er Jahren zuerst versucht wurde. Der Regulator bestand aus einem Zylinder mit Kolben, über dem eine kleine von der Maschine betriebene Luftpumpe angebracht war. Über dem Kolben wurde durch die Pumpe ein luftleerer Raum erzeugt; von unten wirkte auf den Kolben der äußere Luftdruck; ein Gewicht hielt dem Überdruck das Gleichgewicht. Wurde durch die Geschwindigkeitsänderung der Luftpumpe, die mit der der Maschine gleichbedeutend war, die Luftverdünnung geändert, so bewegte sich der Regu-

latorskolben nach der einen oder anderen Richtung hin; wodurch die mit ihm entsprechend verbundene Drosselklappe verstellt wurde.

Die Maschine (600 mm Zyl. Dchm. 1 m Hub) arbeitete bei 3,5 at zwischen $\frac{1}{6}$ und $\frac{1}{25}$ Füllung und soll bei $\frac{1}{10}$ Füllung 35 PS geleistet haben. Der Gegendruck im Kondensator betrug 0,1 at.

Ebenfalls aus den 50er Jahren stammt die Maschine Fig. 183, die von F. Wöhlert in Berlin herrührt. Der Maschinenrahmen besteht hier aus 2 ungleich langen Balken, die durch 2 Querstücke und den Zylinder miteinander verbunden sind. Meyersche Zweischiebersteuerung dient zur Dampfverteilung. Der Regulator wirkt auf eine Drosselklappe.

2. Die Hochdruckdampfmaschine.

a) Die Anfänge der Hochdruckdampfmaschinen. Allgemeines.

Die Verwendung hochgespannter Dämpfe läßt sich bis auf die erste Entwicklungszeit der Dampfmaschine zurückführen. Saverys und Papins kolbenlose Dampfmaschinen waren Hochdruckmaschinen. Leupold schlug schon 1724 vor, höheren Dampfdruck auf Kolbenmaschinen anzuwenden und den Abdampf in die Luft auspuffen zu lassen.¹⁾

Fig. 141 zeigt den Leupold'schen Vorschlag. Zwei Zylinder sind unmittelbar über dem Kessel angeordnet. Ein Vierwegehahn, der von Papin bereits angewendet wurde, dient dazu, die Zylinder abwechselnd mit dem Dampfraum des Kessels und der freien Luft zu verbinden. Balanciers übertragen die Bewegung auf zwei Pumpen. Der Dampf sollte den Kolben heben und der äußere Luftdruck den Kolben herabdrücken, wobei angenommen wurde, daß durch den ausströmenden und teilweise im Zylinder kondensierenden Dampf eine genügende Druckverminderung unter dem Kolben erzielt werden würde. Versuche mit der Maschine würden wohl bald gezeigt haben, daß auf diesem Wege kaum ein genügender Überdruck, der beim Niedergang des Kolbens das schwere

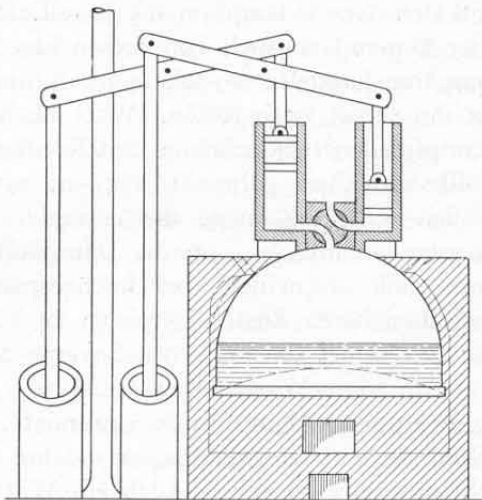


Fig. 186.

Hochdruckdampfmaschine Leupold 1725.
(Nach Leupold, Theatrum mach. II, 1725.)

¹⁾ s. Theatrum machinarum hydr., Bd. 2, 1725, S. 93, Taf. 43, Fig. 2.

Pumpengestänge heben konnte, sich erzielen ließ. Leupold scheint selbst schon daran gedacht zu haben, denn er glaubte nicht, daß seine Maschine zu gebrauchen wäre, wenn es sich darum handeln sollte, „viel Wasser auf beträchtliche Höhe zu heben.“ Er hielt seine Maschine nur für eine Hubhöhe von 20 bis 30 Ellen für anwendbar. Man solle auch seine unvollständigen Angaben nur als Anmerkung auffassen. Er nahm sich vor, künftig eine „starke Probe“ zu machen und einen Versuch zu tun: „Ob man eine Schneidemühle in einen Wald, da gnug Holtz und stehende Pfützen sind, auf solche Weise könnte compendieus anlegen?“ „Weil mir aber Zeit und Gelegenheit,“ fährt er fort, „zu dieser Maschine oder auch andere curieuse Proben und Versuche zu machen, itzo nicht gleich vergönnet, so habe ich Hoffnung, es werde vielleicht ein anderer Curiosus daher Gelegenheit nehmen, eine und die andere Probe deswegen anzustellen.“

Da dieser Curiosus sich aber nicht fand, so blieb es zunächst bei diesem ersten Entwurf einer Hochdruck-Auspuffmaschine.

James Watt dachte wieder an die Hochdruckmaschine ohne Kondensation und nahm sie in seinem denkwürdigen Patent 1769 mit auf. In den Fällen, wo es an Einspritzwasser für die Kondensation mangelte, behielt er sich vor, die Maschine allein durch den Dampfdruck zu betreiben, und den Arbeitsdampf in die freie Luft auspuffen zu lassen. Watt machte aber keinen Gebrauch von dieser Idee; bei dem Patent auf die Hochdruckmaschine handelte es sich mehr darum, anderen diesen Weg zu verlegen, als ihn selbst zu betreten. Watt blieb sein Leben lang überzeugt, daß die Dampfdruckmaschine mit Kondensation, wie sie von ihm zu so hoher Vollkommenheit gebracht worden, nicht übertroffen werden könne. Die großen Schwierigkeiten, die er schon bei ganz geringem Überdruck hatte überwinden müssen, um die Dampfleitung dicht zu halten, ließen es ihm unmöglich erscheinen, bei hochgespannten Dämpfen auf die Dauer einen betriebssicheren Zustand erzielen zu können. Dazu kam die große Gefahr der Explosion, die man von Saverys Maschine aus noch kannte.

Als man Watt davon erzählte, daß Trevithick 50 Pfd./Qu.-Zoll (3,52 kg/qcm) Dampfdruck anwendete, meinte er, er wolle in seiner Maschine wohl 100 anwenden, er möchte es dann aber keinem zumuten, Maschinenwärter zu sein. Auch ein Watt war so in seiner Lebensarbeit, die Niederdruckdampfmaschine lebensfähig zu gestalten, befangen, daß er von seinem gefährlichsten Konkurrenten, dem genialen Trevithick, der sich um die Einführung hochgespannter Dämpfe das größte Verdienst erworben hatte, sagte, er verdiene gehängt zu werden, weil er die Hochdruckmaschine eingeführt hätte. Die Firma Watts wandte sich sogar an das Parlament: es solle verbieten, Hochdruckdampf überhaupt anzuwenden, er sei zu gefährlich.

Es entbrannte ein jahrzehntelanger Kampf zwischen alter und neuer Schule. Schließlich siegte auch hier die neue Zeit, besonders seitdem die

Hochdruckmaschine ohne Kondensation sich als Lokomotivdampfmaschine unentbehrlich gezeigt hatte. Freilich begann die Entwicklung nicht mit den Forderungen der begeisterten Vorkämpfer des Hochdruckdampfes. Die Entwicklung ging auch hier nicht sprungweise vor, sondern führte, wenn man von einzelnen Fällen absieht, langsam von niedrigen über mittlere zu höheren Drücken.

Für die Hochdruckmaschine wurde vor allem ins Feld geführt: ihr geringes Gewicht, ihr kleiner Raumbedarf, die billige Herstellung und ein einfacher Betrieb, da man auf Kondensation mit den Luftpumpen verzichten konnte. Einsichtige Verteidiger wiesen noch besonders darauf hin, daß erst bei höher gespannten Dämpfen die Expansion des Dampfes vorteilhaft ausgenutzt werden könnte. Die noch oft sehr wenig geklärte wissenschaftliche Erkenntnis dieser Zeit führte vielfach in die Irre. So wurde unter anderem von der einen Seite behauptet, der Brennstoffverbrauch stehe zu der Drucksteigerung im gleichen Verhältnis, d. h. Dampf von doppelter Spannung brauche auch doppelt soviel Kohlen. Mit Recht folgerte man daraus, daß Hochdruck keinerlei wirtschaftlichen Vorteil biete. Die Freunde der Hochdruckmaschine erklärten dagegen, wenn die Brennstoffmenge, die in gleicher Zeit verbraucht würde, in arithmetischer Progression zunehme, so würde der Dampfdruck in geometrischer Progression steigen, und bewiesen damit die riesigen wirtschaftlichen Vorteile. Doch diese wirtschaftlichen Anschauungen waren nicht so schwerwiegend als die Gründe, die in der Ausführbarkeit und dem praktischen Betrieb lagen. Hier hatten es die Gegner leicht, auf die schwierige Herstellung der Kessel und der Rohrleitungen hinzuweisen und daran zu erinnern, daß sogar das Abdichten der Dampfdruckmaschinen noch viel zu wünschen übrig lasse. Man versäumte auch nicht, die öffentliche Meinung von der ungeheuren Gefährlichkeit höherer Dampfdrücke zu überzeugen, und scheute dabei vor keinerlei Übertreibung zurück.

Wenn man an den Baustoff und die Herstellungsweise der damaligen Kessel denkt, waren allerdings wohl oft diese Befürchtungen nur zu berechtigt. Meistens waren die Hochdruckkessel aus Gußeisen und die einzelnen Verbindungsstellen waren oft mit heute kaum glaublicher Sorglosigkeit ausgeführt. Freunde der Hochdruckpartei sprachen von Dampfdrücken von 40 bis 50 at. Das hätte allerdings stete Lebensgefahr bedeutet.

b) Die Hochdruckdampfmaschine von Oliver Evans.

Einer der hervorragendsten Vorkämpfer für die Hochdruckdampfmaschine war der amerikanische Ingenieur Oliver Evans. Schon 1772 begann sich Evans mit der Idee, hochgespannte Dämpfe nutzbringend zu verwerten, zu beschäftigen. Aber es fehlte ihm an Geld, um seinen Gedanken maschinelle Formen geben zu können; auch waren Industrie und Gewerbe damals in

Amerika noch nicht so entwickelt, um ein Bedürfnis nach solchen Maschinen zu empfinden. Nachdem sich Evans in den 80er Jahren vergeblich bemüht hatte, seine Dampfmaschine auf den Verkehr anzuwenden, wandte er sein ganzes Interesse der Entwicklung des Mühlenbaues zu; seine Arbeiten auf diesem Gebiet wandelten das Mahlverfahren von Grund aus um; dank der von ihm verbesserten, zum Teil neu erfundenen Maschinen wurde die Mehlausbeute sehr wesentlich gesteigert.

Erst 1800 hatte Evans soviel Geld sich erspart, um seine Dampfmaschine auszuführen. 1802 gründete er die erste Dampfmaschinenfabrik Amerikas in Philadelphia. Sein 1805 erschienenes Buch: „Steam engineers guide“, das später ins Französische übersetzt wurde,¹⁾ zeigt, mit welcher genialer Sicherheit Evans schon damals schwierige Aufgaben des Dampfmaschinenbaues auffaßte und löste, über die noch viele Jahrzehnte nach ihm die Fachleute sehr im Dunkeln tappten. Evans studierte sorgfältig die Schriften der hervorragendsten Gelehrten, so weit sie sich mit der Wärmelehre befaßten und sie ihm in den englischen Enzyklopädien zugänglich waren. Er war unterrichtet über Dr. Blacks Lehre von der gebundenen Wärme, von Daltons Versuchen und den Boyleschen Gesetzen. Freilich nahm er auch noch teil an Irrtümern seiner Zeit, und die Auffassung von der Wärme als Stoff führte ihn zuweilen erheblich irre.

Evans empfahl, Dampfdrücke von 8 bis 10 at zu verwenden. Er trat scharf denen entgegen, die mit der Behauptung, der Brennstoffverbrauch steige mit dem Dampfdruck im gleichen Verhältnis, beweisen wollten, daß die Hochdruckdampfmaschine keinerlei wirtschaftlichen Vorteil aufweisen könne. Evans bekannte sich zu der Ansicht damaliger Physiker, wonach bei jeder Zunahme der Temperatur um 30° F. (16,67° C.) der Druck sich verdopple; die Temperatur steige in arithmetischer, der Druck in geometrischer Progression. Aber seine praktischen Erfahrungen zeigten ihm bald, daß dieses Gesetz keine absolute Gültigkeit haben konnte, er wollte es daher auch nur für Wärmeverhältnisse in der Nähe des Siedepunktes gelten lassen, darüber hinaus, steige der Druck nicht so schnell, als dem oben erwähnten Gesetze entsprechen würde.

Folgte aus der Annahme dieses Gesetzes allein schon der Vorteil höheren Druckes, so war der Hauptgrund für Evans doch, die Möglichkeit hohe Expansion anzuwenden, deren wärmetechnische Vorteile er bereits sehr hoch einschätzte. Er wollte stets bis auf Atmosphärendruck expandieren, und er führte aus, „daß Dampf, der von 120 Pfd./Qu.-Zoll (8,44 kg/qcm) bei ein Drittel Füllung auf 15 Pfd. (1,05 kg/qcm), d. h. Atmosphärendruck expandiert, eine sechsmal größere Leistung gebe, als wenn man Dampf von 15 Pfd. bei voller Füllung verwende, obwohl die Wärmemenge in beiden Fällen die gleiche sei“.

¹⁾ Oliver Evans, Manuel de l'ingénieur mécanicien constructeur des machines à vapeur, trad. par J. Doolittle, Paris 1821.



Oliver Evans

geb. 1755, gest. 15. März 1819

Auch regulieren wollte Evans die Maschine nur durch Veränderung der Füllung. Er ist sich des Gegensatzes zu der alten Methode, bei der man die Leistung durch Drosselung, also durch die Veränderung des Dampfdruckes regulierte, klar bewußt; er verwirft die Drosselung des Dampfes, „da man durch dieses Mittel viel verlieren würde“. Auch sonst ist er darauf bedacht, überall an Wärme zu sparen. So ordnete er neben dem Kessel im letzten Feuerzug einen Speisewasservorwärmer, und zwar nach dem Gegenstromprinzip an, auch empfahl er, bei Auspuffmaschinen den Abdampf zum Heizen von Räumen oder für andere technische Zwecke, z. B. für Papierfabriken, Brauereien usw. zu verwenden.

Als Vorteil seiner Hochdruckmaschine gegenüber den alten Niederdruckmaschinen machte Evans noch das geringe Gewicht und den kleineren Raumbedarf geltend. Seine Maschinen kosteten nur halb soviel wie die Niederdruckmaschinen und brauchten, verglichen mit den Maschinen, die er kannte, nur ein Drittel der Kohlen.

Die Hauptabmessungen für seine Maschine stellte Evans in einer Tabelle unter der Annahme zusammen, daß die Maschine 36 Umdrehungen bei 3 Fuß Hub mache und der mittlere Druck 50 Pfd./Qu.-Zoll (3,52 kg/qcm) betragen soll. Die Tabelle reicht von 1 bis 100 PS und ist nach dem Zylinderquerschnitt geordnet. Eine 10pferdige Maschine hat 30 Qu.-Zoll Querschnitt, also 6,18 Zoll (157 mm) Durchmesser, eine 20pferdige 60 Qu.-Zoll Querschnitt (8,74 Zoll [197 mm] Durchmesser) usw.

Den Hochdruckkesseln gab Evans ausschließlich Zylinderform. Gewöhnlich hatten sie 2 Fuß (610 mm), höchstens 3 Fuß (914 mm) Durchmesser. Die Kesselböden waren aus Gußeisen und so angeordnet, daß sie nicht dem direkten Feuer ausgesetzt waren. Bei den kleineren Kesseln legte er den Rost unter den Kesselmantel und wandte ein weites Rauchrohr an; bei größeren verlegte er auch die Feuerung in das Flammrohr.

Die Maschinen wurden stets mit stehenden Zylindern ausgeführt. Bei den ersten Maschinen dienten zur Dampfverteilung vier Ventile, die zu beiden Seiten des Zylinders oben und unten sich befanden und durch unrunde Scheiben und Hebel von einer darüberliegenden, durch Zahnradvorlege angetriebenen Steuerwelle bewegt wurden. Die Kolbenstange stand mit dem Balancier in Verbindung, sie wurde durch eine von Evans zuerst angewandte und nach ihm als Evanssches Parallelogramm bezeichnete Lenkeranordnung geradegeführt. Wesentlich vereinfacht wurde die Steuerung später durch Verwendung des Drehschiebers, den ein Tischler Luther Stevens aus Lexington im Staate Kentucky erfunden haben soll; das Recht ihn zu benutzen habe er dann an Evans verkauft. Jedenfalls finden wir 1812 bei den Evansschen Maschinen diesen Schieber zuerst angewandt. Er ist nichts anderes als ein drehbarer einfacher Muschelschieber mit einer verstellbaren Expansionsplatte.

Die von Evans 1812 erbaute Maschine kennzeichnet Fig. 187. Auf der einen Seite ist der Kondensator angeordnet, er besteht aus einem

großen Wasserbehälter, in den der Dampf einströmt und durch Berührung mit dem durch die Kaltwasserpumpe stetig erneuerten kalten Wasser kondensiert wird. Aus dem Kondensator wurde auch das Speisewasser für

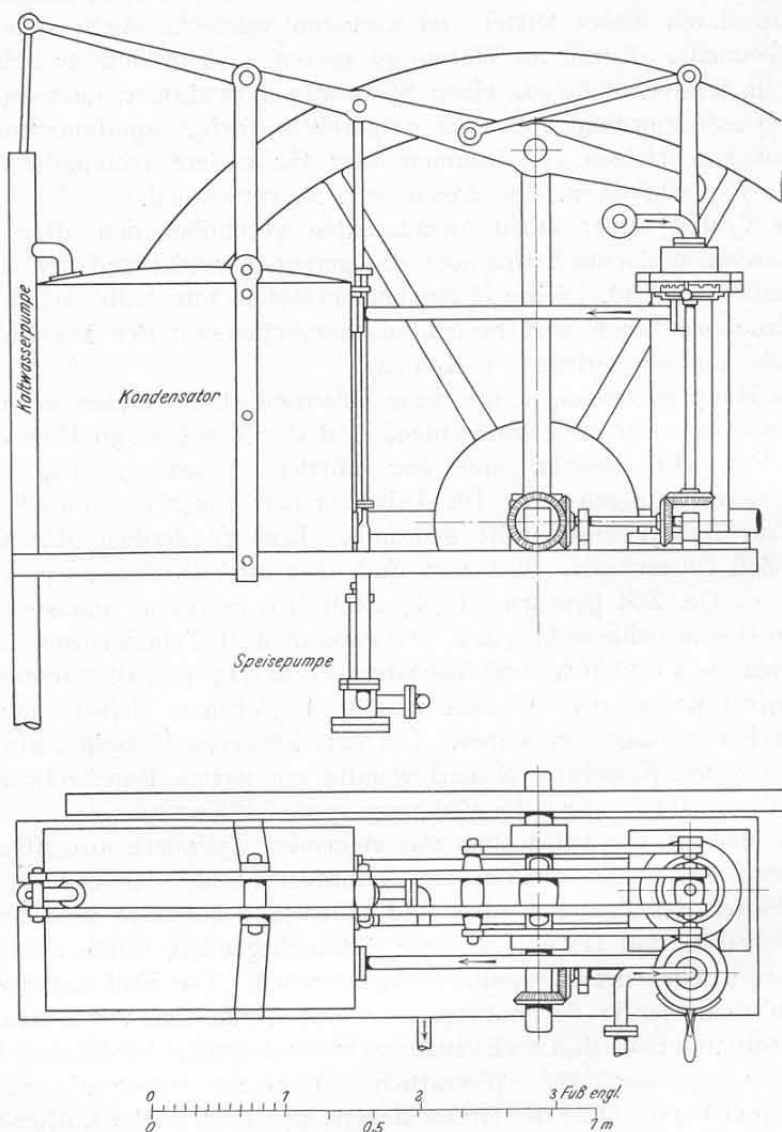


Fig. 187 und 188. Hochdruckmaschine von Oliver Evans 1812.

(Nach Oliver Evans-Doolittle, Manuel de l'ingénieur, Paris 1821.)

den Kessel entnommen. Die Luft, die Evans für ein aus dem Wasser sich bildendes Gas hielt, konnte durch ein Schnarchventil entweichen.

Evans war es nicht vergönnt, die Früchte seiner Arbeit zu genießen. Wohl aber erkannte Amerika es an, was es seinem großen Ingenieur, „dem

Wohltäter des Vaterlandes“, wie der Kongreß ihn nannte, verdankte. Außergewöhnlich schnell verbreitete sich die Evans-Maschine. Sie erlangte als Betriebsmaschine der Fabrikbetriebe und auch als Schiffsmaschine für die sehr schnell entstehende amerikanische Flußdampfschiffahrt große Bedeutung.

In Frankreich führte Valcourt die Evans-Maschine ein.¹⁾ Er hatte 1798 am Mississippi erfahren, wie vorteilhaft es sein müsse, auf diesem riesigen Flußgebiet Dampfschiffe zu verwenden. 1803 kam er nach Philadelphia, um dort eine kleine Hochdruckmaschine von Evans für sein geplantes Dampfschiff zu erwerben. Von den Vorteilen der Evansschen Maschinen überzeugt, behielt er die Grundgedanken seines Meisters auch bei den Maschinen bei, die er später in Frankreich baute. Nur statt eines Flammrohrkessels verwandte er mit Rücksicht auf die Festigkeit zwei von kleinerem Durchmesser nebeneinander. Zur Dampfverteilung bei seinen Maschinen wandte er die gleiche Einrichtung wie Evans an; er bemühte sich, den schädlichen Raum möglichst klein oder doch wenigstens für beide Zylinderseiten gleich groß zu machen. Um kurze Dampfkanäle zu erhalten, teilte er den Muschelschieber. Auch zwei an den Zylinderenden angeordnete rotierende konische Hähne führte er aus.

c) Die Hochdruckdampfmaschine von Richard Trevithick.

In Europa war es Trevithick, ein Mineningenieur aus Cornwall, der, von Jugend auf von Dampfmaschinen und großen industriellen Anlagen umgeben, sich frühzeitig mit der Hochdruckdampfmaschine zu beschäftigen anfang. Mit seinem ganz außergewöhnlichem Erfindungsgenie war Trevithick fast auf allen Gebieten der Technik tätig; vielfach war er seiner Zeit so weit voraus, daß es ihm unmöglich wurde, die nötigen wirtschaftlichen Unterstützungen zu erlangen, auf die er, da er selbst kein Vermögen besaß, angewiesen war. Überall einer der ersten, ist auch ihm es nicht vergönnt gewesen, die Frucht seiner Lebensarbeit zu genießen.²⁾

1796 und 1797 scheint Trevithick zuerst ein kleines Modell einer Hochdruckmaschine erbaut zu haben. Es war aus Rotguß gefertigt und wurde dank seines glänzenden Äußeren und seiner einfachen Bedienung viel bewundert. Auch in dem Patentstreit mit Watt wurde es vorgezeigt.

Wirtschaftlich angewandt hat Trevithick seine Hochdruckdampfmaschine zuerst um 1800 im Bergbau bei kleineren Fördermaschinen, und dann vor allem bei seinen Dampfmaschinen.³⁾

¹⁾ s. Bull. de la Soc. d'Encour., Band 20, S. 57, Paris 1821.

²⁾ s. S. 131 und Fr. Trevithick, Life of Richard Trevithick with an account of his inventions, London 1872.

³⁾ Auch die erste landwirtschaftliche Betriebsmaschine war eine Trevithicksche Hochdruckmaschine, s. Bd. II, Lokomobilen.

Die kleinen Trevithickschen Fördermaschinen, die mit Expansion, aber ohne Kondensation arbeiteten, waren zumeist normale Balanciermaschinen. Gewöhnlich diente ein Hahn statt der sonst üblichen vier Ventile, die von dem auf- und niedergehenden Steuerbaum bewegt wurden, zur Dampfverteilung. Eine dieser Maschinen mit 19 Zoll (483 mm) Zylinderdurchmesser und 5 Fuß (1,52 m) Hub, die 1800 in Betrieb kam, hat bis 1869 ihren Dienst verrichtet. Öfters wurden auch zwei Zylinder mit gegeneinander versetzten Kurbeln angewendet; der Dampfüberdruck betrug etwa 25 Pfd./Qu.-Zoll (1,76 kg/qcm). Der zylindrische Kessel bestand aus Schmiedeeisen und hatte ein Flammrohr und Innenfeuerung.

Auf Grund dieser Versuche und Ausführungen ließ sich Trevithick seine Hochdruckmaschine gesetzlich schützen. Das Patent vom 24. März 1800 (Nr. 2599) lautete auf die Namen von Trevithick und Vivian, den Trevithick als Teilhaber gewonnen hatte. In dem Patent ist die Hochdruckmaschine in der Form der Fig. 189 abgebildet und näher beschrieben.

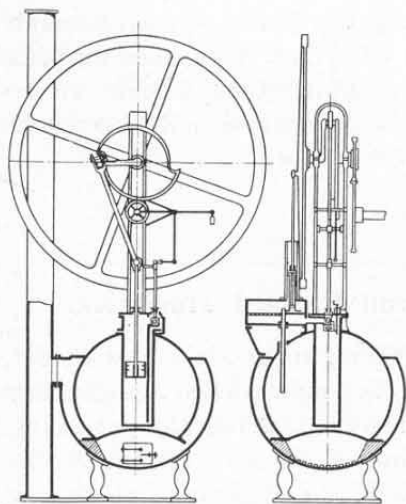


Fig. 189 und 190.

Trevithicks Hochdruckdampfmaschine.
(Patentzeichnung.)

Der Kessel besteht aus einer gußeisernen Hohlkugel, die eine zweite gußeiserne Hülle konzentrisch umgibt; in ihr ist die Feuerung angeordnet. In den Kessel hinein hängt der Zylinder; er reicht fast bis auf den Boden. Die Heizgase ziehen, durch feuerfestes Mauerwerk in ihrem Wege bestimmt, durch den Zwischenraum zwischen den beiden kugelförmigen Behältern zu dem schmiedeeisernen Schornstein. Die Geradführung ist auf dem Zylinder aufgeschraubt; in ihrem oberen Teil trägt sie die Kurbel-

welle. Große Standfestigkeit kann man der Anordnung nicht nachrühmen. Von einer unrunder Scheibe aus wird der Vierwegehahn mit Hebeln betätigt.¹⁾ Der Auspuffdampf wird zum Vorwärmen des Speisewassers benutzt.

Noch mit einer anderen sehr eigenartigen ortsveränderlichen Hochdruckmaschine beschäftigte sich Trevithicks Patent. Sie sollte aus einem zylindrischen Kessel mit Innenfeuerung und zwei Flammrohren, der, wie vorher, den Zylinder in sich einschloß, bestehen. Kessel mit Zylinder sollte in zwei Zapfen schwingen, so daß die Kolbenstange unmittelbar an der Kurbelwelle angreifen konnte. Die ganze Anordnung war mit einem Walzwerk konstruktiv zu einem Ganzen verbunden.

Man hat also selbst den Kessel nicht in Ruhe gelassen und von ihm

¹⁾ s. genaue Zeichnung hierüber Bd. II, Lokomobilen.

auch verlangt, er soll sich in der Minute so und so oft hin- und herdrehen. Trevithick selbst gab allerdings zu, daß es wohl zweckmäßiger sei, nur den Zylinder zu bewegen und den Kessel fest zu stellen.

Fig. 191 zeigt eine Trevithicksche Hochdruckmaschine, wie sie 1803 als Betriebsmaschine eines Dampfbaggers und 1808 auch als Lokomotive verwendet wurde.¹⁾

Die in den Kessel eingehängte Dampfzylinder von 14 Zoll (356 mm) Durchmesser und 4 Fuß (1,2 m) Hub überträgt mit Querhaupt und zwei Schubstangen die Kraft auf die unter dem Kessel angeordnete Kurbelwelle. Zur Geradführung

dienen Stangen, die von dem Querhaupte büchsenartig umfaßt werden. Auf dem Kessel ruht der lange rohrartige Speisewasservorwärmer, durch den der Abdampf in den Schornstein gelangt. Der gußeiserne zylindrische Kessel, 4 Fuß 10 Zoll (4,17 m) weit und 8 Fuß (2,4 m) lang, enthält ein schmiedeeisernes rückkehrendes Flammrohr mit Innenfeuerung.

Das Rohr ist an der Feuertür 610,

Speisewasservorwärmer, durch den der Abdampf in den Schornstein gelangt. Der gußeiserne zylindrische Kessel, 4 Fuß 10 Zoll (4,17 m) weit und 8 Fuß (2,4 m) lang, enthält ein schmiedeeisernes rückkehrendes Flammrohr mit Innenfeuerung. Das Rohr ist an der Feuertür 610,

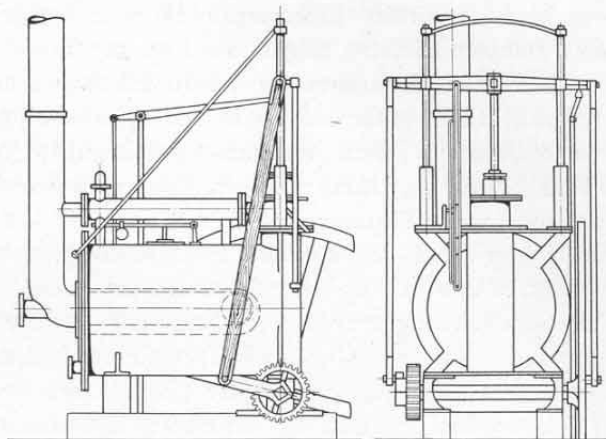


Fig. 191 und 192. Trevithicks Hochdruckmaschine 1803.
(Nach Fr. Trevithick, The life of R. Trevithick, London 1872.)

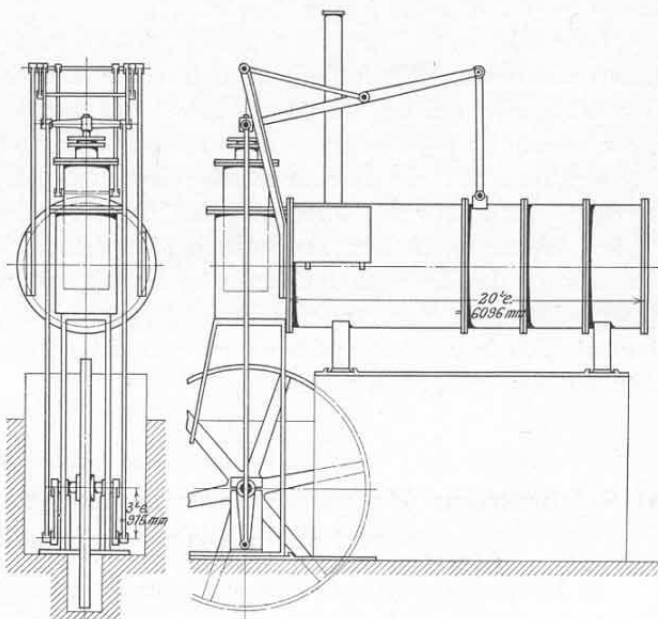


Fig. 193 und 194. Trevithicks Hochdruckmaschine, von 1801 bis 1886 in Betrieb gewesen.

(Nach Fr. Trevithick, The life of R. Trevithick, London 1872.)

¹⁾ Lokomotive und Lokomobile lagen bei Trevithick noch sehr nahe beieinander; deshalb findet man öfters Lokomotiven, die sich aus irgend einem Grunde nicht bewährt haben, noch jahrzehntelang als Betriebsmaschinen verwendet.

am Schornsteinende 356 mm weit. Die Maschine wog betriebsfertig 8 bis 10 Tonnen.

Eine verhältnismäßig große Hochdruckmaschine, die als Walzenzugmaschine in einem Eisenwerke 1801 in Betrieb kam und 50 Jahre lang dort Dienste leistete, zeigen die Fig. 193 und 194.

Der Dampfzylinder, von 2 Fuß 4 Zoll (711 mm) Durchmesser und 6 Fuß (1,8 m) Hub, steht am Ende des zylindrischen gußeisernen Kessels, der, aus mehreren Teilen zusammengeschaubt, 20 Fuß (6,1 m) lang und 6 Fuß 9 Zoll (2057 mm) weit ist. Das schmiedeeiserne, rückkehrende, 3 Fuß (914 mm) weite Flammrohr verengt sich bis auf 14 Zoll (356 mm). Dampfdrücke zwischen 50 und 100 Pfd./Qu.-Zoll (3,5 und 7 kg/qcm) wurden verwendet. Der Abdampf diente auch hier zum Vorwärmen des Speisewassers. Zur Gradführung wurde der Evanssche Lenker benutzt. Die gleiche Bauart wies 7 Jahre später auch Trevithicks Lokomotive auf, nur war da die Lenkergeradföhrung durch feste Gleitbahnen ersetzt.

Über die Leistung der einzelnen Maschinen liegen wenige zuverlässige Angaben vor. Eine kleine, zum Wasserpumpen gebrauchte Hochdruckmaschine im Jahre 1804 soll bei 8 Zoll (203 mm) Zylinderdurchmesser und $4\frac{1}{2}$ Fuß (1,37 m) Hub mit 18 Hübten in der Minute gelaufen sein und dabei 17 Mill. Fußpfund mit einem Scheffel (= 84 lbs) Kohlen geleistet haben (= 61683 mkg f. 1 kg Kohle).

Übersieht man Trevithicks Arbeiten, so muß man staunen über die außerordentliche Vielseitigkeit und über die Kühnheit seiner Schöpfungen. Der materielle Erfolg entsprach aber keineswegs seiner genialen Arbeit. Zwar waren zwei Jahre nach dem Patente bis November 1804 1250 £ als Patentprämie auf die Hochdruckmaschine eingegangen, aber die Ausgaben betragen auch 1097 £. Davon kamen $\frac{2}{5}$ auf Trevithick, $\frac{2}{5}$ auf Vivian und $\frac{1}{5}$ auf West, einen sehr geschickten Mechaniker, der an der praktischen Ausführung der Trevithickschen Idee beteiligt war. Später verloren auch diese beiden den Mut, und der Erfinder ging mit dem Maschinenfabrikanten Samuel Homfray in Penydarra geschäftliche Verbindungen ein, die aber ebensowenig erfolgreich waren.

d) Reichenbachs Hochdruckmaschine und die Dampfmaschine mit sehr hohem Druck von Perkins.

In Deutschland beschäftigte sich von Reichenbach, der berühmte Erbauer der technisch hochinteressanten Wassersäulenmaschinen in Bayern, mit der Hochdruckmaschine. Er wollte eine Maschine schaffen, „die nicht bloß Eigentum der Reichen ist, sondern für das gemeine Leben von jedem nur wenig Bemittelten nach seinen Bedürfnissen angeschafft, ohne Beschwerde von einem Ort zum anderen gebracht und im Gange erhalten werden kann“. Leider ist außer einigen später von dieser Maschine an-

gefertigten Zeichnungen und einem Modell, das jetzt im Deutschen Museum in München steht, nicht viel darüber bekannt. Ein heftiger Angriff von Baaders veranlaßte von Reichenbach zu einer Entgegnung,¹⁾ aus der wir erfahren, daß die Maschine von $2\frac{1}{2}$ Zoll (63 mm) Durchmesser und 16 Zoll Hub (406 mm) bei 8 at Überdruck 100 Umdrehungen machen und einschließlich des Dampferzeugers nur 450 Pfund (204 kg) wiegen sollte. Im brauchbaren Betriebe seien schon 1816 Maschinen von 4 Zoll (102 mm) Durchmesser und 12 Zoll (305 mm) Hub gewesen, die mit 150 Umdrehungen in der Minute gelaufen seien. Zur Dampfverteilung diente ein von Reichen-

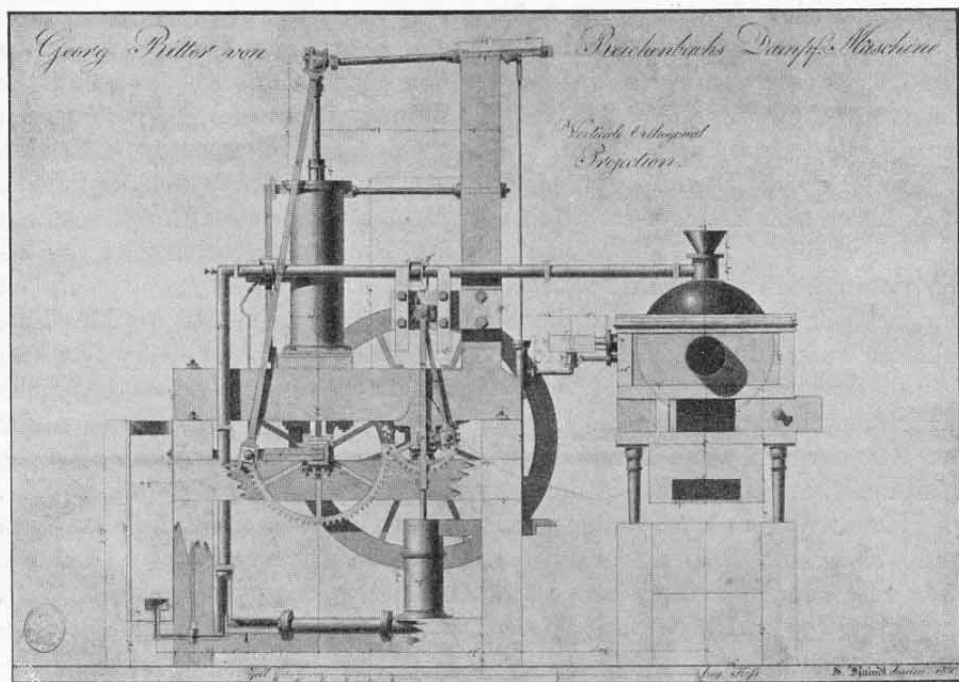


Fig. 195. Reichenbachs Hochdruckmaschine um 1815.

(Nach Zeichnungen des deutschen Museums in München.)

bach 1806 schon angewendeter, umlaufender Hahn. Das geringe Gewicht legte es nahe, die Maschine auch für Dampfwagen zu verwenden; aber die großen Erwartungen, von denen die Freunde des Erfinders sprachen, sollten sich nicht erfüllen. Auch für den kleinen Betrieb scheint die Maschine nur in wenigen Exemplaren Verwendung gefunden zu haben.

Eine 1830 angefertigte Zeichnung einer Reichenbachschen Hochdruckmaschine zeigt Fig. 195. Der Zylinder ist stehend angeordnet, unter ihm liegt die Kurbelwelle, die durch Umföhrungsgestänge mit der Kolbenstange

¹⁾ G. v. Reichenbach, Erklärung der von Baader herg. Bem. über meine Verbess. d. Dampfmaschine, München 1816.

verbunden ist. Der Geradführung dient eine Lenkerkonstruktion, bei der sich die mit der Kolbenstange verbundene Querstange in einer drehbar aufgehängten Rotgußbüchse verschieben kann. Die Luftpumpe wird von einer Vorlegegelle aus mit Hilfe eines Kurbeltriebes angetrieben; die Luftpumpenkolbenstange wird durch Kreuzkopf und Gleitschienen geradegeführt.

Überall tauchten damals neue Hochdruckmaschinen, allerdings meistens nur als Ideen, auf. Einem Evans und Trevithick suchten Erfinder nachzueifern, die wohl die Kühnheit, aber nicht das Genie der beiden besaßen. Einer suchte den anderen zu übertrumpfen, bis schließlich Perkins, ein amerikanischer Kupferstecher, mit seinen Behauptungen auch die kühnsten Gedanken seiner Vorgänger noch übertraf.

Perkins war aus dem Heimatsort Oliver Evans', aus Philadelphia, nach London gekommen, um hier seine weltverändernden Erfindungen ins praktische Leben einzuführen. Seit Watt hatte keine Erfindung ein so gewaltiges Aufsehen erregt; alle technischen Zeitschriften und viele Tageszeitungen beschäftigten sich mit Perkins' Dampfmaschine. Die gelehrten Gesellschaften der ganzen Welt ließen sich Berichte erstatten. Die berühmte Société d'Encouragement in Paris erklärte, „daß diese Maschine eine Revolution im Gebiete der Industrie herbeiführen werde“. Naturgesetze wurden für ungültig erklärt und neue erfunden, um nur die behauptete Wirkungsweise der Maschine erklären zu können. Selbst kühle und kritische Beobachter ließen sich von der allgemeinen Bewunderung der technischen Welt hinreißen und begannen den „Versuchen“ zu glauben. Ungeheuerlich waren die Versprechungen, die der Erfinder und seine Verehrer auf Grund der Versuchsergebnisse in die Welt setzten. 90 v. H. sollte die neue Maschine an Brennmaterial, 80 v. H. an Raumbedarf und Gewicht gegenüber einer Wattschen Maschine ersparen und dabei nur halb soviel kosten. Bereits glaubten einige, daß die Wattschen Maschinen, „diese alten Potentaten der mechanischen Welt, ihres Thrones entsetzt, ihrer festen Stütze beraubt und ihre Paläste geschleift werden“.

Aber kaum ein Jahrzehnt währte die Begeisterung, dann wurde es still; Naturgesetze hatten sich auch durch Perkins nicht verändern lassen, man war um die Erfahrung reicher geworden, daß man selbst auf Versuche nicht immer sich verlassen kann.

Technisch bot die Maschine in manchen Einzelheiten Bemerkenswertes, und wer sich für die Entwicklung wissenschaftlicher Anschauung und ihre praktische Benutzung interessiert, wird erstaunt sein über die Unklarheit, die damals noch über die einfachsten Verhältnisse herrschte.

Am 10. Dezember 1822 erhielt Perkins das Patent auf seine neue Art der Dampfbildung, bei der Wasser in einem beständig voll erhaltenen Gefäß erhitzt oder, wie der Erfinder sich ausdrückte, „glühend“ gemacht werden sollte. Dem Wasser sollte also weit über die Verdampfungstemperatur Wärme zugeführt werden; bei einer plötzlichen Druckentlastung mußte dann eine plötzliche Dampfbildung eintreten. Diese Druckentlastung wurde

je nach dem Dampfverbrauch der Maschine dadurch herbeigeführt, daß man ebensoviel frisches Wasser von unten her in den Generator preßte, als oben austreten sollte. Der sich unmittelbar aus diesem Wasser entwickelnde Dampf sollte entweder sofort zur Maschine gehen, so daß also die Steuerung der Maschine zusammenfiel mit der Wasserzu- und Abführung aus dem Generator, oder er sollte vorher noch weiter überhitzt werden und sich dann in einem Dampfbehälter ansammeln. Der Generator bei den ersten Maschinen war aus bester Bronze gefertigt und für etwa 35 at eingerichtet. Die Druckangaben sind allerdings nicht sehr genau zu nehmen, denn kaum zwei der vielen Mitteilungen stimmen auch nur annähernd überein. Es kam anscheinend den Berichterstattern nicht so genau darauf an, bald von einigen 100 (7), von 1000 (70) und gar 2000 (140 kg/qcm) Pfd./Qu.-Zoll Druck zu reden.

Die Versuche mit diesen ersten Perkins-Maschinen scheinen trotz aller Reklame nicht sehr zufriedenstellend gewesen zu sein. Es genügte jedenfalls nicht, die Stärke des Dampfes dadurch nachzuweisen, daß man mit ihm Kugeln durch ein dickes Brett schoß und bereits Pläne machte, bei der Artillerie das Pulver ganz durch den „neuen“ Dampf zu ersetzen.

1827 nahm Perkins ein zweites Patent auf die Vervollkommnung seiner Maschine, und wieder berichteten die Zeitungen, daß man jetzt alle Schwierigkeiten überwunden habe. Aus dem bronzenen Generator war jetzt ein Röhrenkessel geworden, und zwar lagen zwanzig 4 Fuß (1,22 m) lange Röhren in drei Reihen übereinander; die Röhren waren aus Gußeisen und hatten quadratischen Querschnitt von 5 Zoll (127 mm) Seitenlänge mit einer inneren Bohrung von $1\frac{1}{2}$ Zoll (38 mm). Perkins glaubte, daß durch die große äußere Oberfläche seiner Röhren mehr Wärme aufgenommen und dem Wasser zugeführt würde, als das bei dünnen Röhren der Fall ist. Ähnlich wie bei einer Linse das Licht sich im Brennpunkt sammle, so glaubte er, würde sich die von der Oberfläche aufgenommene Wärme in der Mitte konzentrieren. Die oberste, vom Feuer am weitesten entfernte Röhrenreihe war wieder ganz mit Wasser gefüllt, das in kleinen Teilen, genau wie vorher, durch eine Pumpe in die darunter liegenden Röhren, die durch das Feuer sehr stark erhitzt waren, gespritzt wurde. Der Kessel bestand also im wesentlichen aus einem gußeisernen Röhrenüberhitzer. Da Perkins inzwischen erfahren hatte, daß der überhitzte Dampf die Maschinenteile mehr angriff, als der gesättigte, so verstand er die nachteiligen Wirkungen des Heißdampfes auf die Maschinenteile sehr einfach zu umgehen, indem er den Heißdampf vorher durch ein teilweise mit Wasser gefülltes Gefäß gehen ließ, um ihn so „perfekt“ zu machen erst dann durfte der Dampf auf den Kolben der Maschine wirken. So unklar war sich der Erfinder über die grundlegenden Begriffe! Der Glaube an die guten Eigenschaften des so erhaltenen „vollkommenen Dampfes“ half über alle Bedenken hinweg. Die Maschine aber wurde verwickelter und brauchte mehr Brennstoff als vorher. Auch den alten Maschinen wollte Perkins seine neue Dampfentwicklung

zu gute kommen lassen; dem großen Wattschen Kofferkessel brauchte nur sein Generator angefügt zu werden. Er wollte also, statt wie bisher, unmittelbar durch den Brennstoff niedriggespannten Dampf zu erzeugen, sehr hochgespannten und überhitzten Dampf in den Niederdruckkessel einströmen lassen und durch diese Mischung den Betriebsdampf gewinnen. Etwa 80 v. H. Brennstoff sollten auf diesem Umwege gespart werden. Wie unklar damals noch die Vorstellungen in weiten Kreisen waren, zeigt auch ein Bericht-erstatte, der besonders hervorhob, „daß selbst dieser heiße Dampf, den Perkins erzeuge, nicht brenne; eine Hanfschnur, die man nicht weit von dem ausströmenden Dampf gehalten habe, sei ganz unversehrt geblieben“.

Bei seinen Maschinen wandte Perkins die bekannten Bauarten an; seine ersten Maschinen waren liegend angeordnet.

Besonders schwierig war es natürlich, die Maschinen bei diesen hohen Dampfdrücken dampfdicht zu halten. Perkins wandte einen durchbohrten Doppelkegel an, über dem er die Rohrenden mit Flanschen kräftig zusammenzog. Er verengte aber dadurch sehr beträchtlich den freien Querschnitt; besondere Mühe machte auch die Abdichtung des Kolbens, da die gewöhnliche Hanfpackung bei den hohen Dampftemperaturen verbrannte und die damals gebrauchten vegetabilischen Öle versagten. Perkins benutzte metallische Kolbenliderung, die möglichst ohne Schmierung auskam, er glaubte schließlich mit einer Legierung, 1 Teil Zinn, 7 Teile Kupfer und 1 Teil Zink, das Gesuchte gefunden zu haben. Auch Graphitschmierung wandte er an. Interessant ist noch die Benutzung einer Stahlmembran als Drosselorgan; die Höhe der Ausbauchung der dünnen Stahlplatte konnte durch eine verstellbare Druckschraube eingestellt werden. Perkins hatte bei seinen ersten doppelwirkenden Maschinen mit hohen Umdrehungszahlen — er ließ seine Maschine zuweilen mit 125 bis 150 Umdrehungen laufen — schlimme Erfahrungen mit Abnutzung der Gelenke und starken Stößen beim Hubwechsel gemacht. Deshalb baute er später seine Maschinen einfachwirkend. Zur Steuerung benutzte er gewöhnlich den Evansschen Drehschieber, den er sehr geschickt so veränderte, daß er fast ganz vom Dampfdruck entlastet war. Zum Antrieb der Steuerung verwandte er vielfach unrunde Scheiben, er veränderte die Expansion durch Verschieben des auf dem Hebel angeordneten Anschlages. Durch zwei nebeneinander angeordnete, gegeneinander versetzte Nocken, die er abwechselnd durch Umlegen des Hebels benutzen konnte, erreichte er das Umsteuern seiner Maschine, was für ihn von Wert war, da er sie auch als Schiffsmaschine anwenden wollte.

Neben den liegenden Maschinen baute er auch stehende, sowohl Bock- wie Hammermaschinen. Den Dampf ließ er vielfach schon bei 5 at Druck auspuffen. Später wandte er auch eine unvollkommene Kondensation mit Abfallrohr ohne Luftpumpe an. Er arbeitete mit $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{5}$ Füllung. Eine Maschine von 30 PS hatte 8 Zoll (203 mm) Zylinderdurchmesser, 20 Zoll (508 mm) Hub und lief mit 30 Umdrehungen in der Minute. Der Anfangs-

druck soll über 50 at und das Gewicht der ganzen Maschine 28 Ztr. betragen haben.

Großen Wert legte Perkins auf die Expansion; der Dampf sollte gleichsam nur in die Maschine hinein, „blitzen“ und dann abgeschlossen werden. Er wandte deshalb zuletzt auch mehrfache Expansion in zwei Zylindern an, die nebeneinander angeordnet waren und auf die gleiche Kurbel wirkten. Das Volumenverhältnis der beiden Zylinder war 1 zu 8. Beide waren einfachwirkend in der Weise, daß der Dampf zuerst unter den Kolben des kleinen Zylinders trat, hier bei $\frac{1}{8}$ Hub abgeschnitten wurde, dann sich ausdehnte und am Ende des Hubes durch rund um den Zylinder angebrachte Schlitze, die der Kolben frei ließ, über den Kolben des großen Zylinders entweichen konnte. Hier wirkte also der Dampf von oben nach unten und konnte am Ende des Kolbenhubes durch in gleicher Weise auch hier angebrachte Schlitze in den Kondensator oder in die freie Luft entweichen.¹⁾

Der Ruhm Perkins' ließ andere Erfinder nicht ruhen; überall zeigte sich ein großes Interesse an Hochdruckmaschinen. An neuen Erfindungsgedanken, die stets nach Möglichkeit das bisher Geleistete noch übertreffen wollten, fehlte es nicht. Ein Hoforgelbauer Uhte in Dresden rühmte sich, schon 1818 das gleiche wie Perkins angestrebt zu haben, und er verrät, daß er „nicht durch eine Pumpe, sondern durch Hähne“, die viel weniger Kraft erfordert hätten, den Ein- und Austritt des Wassers bewirkt habe.

In Amerika veranlaßte die Perkinssche Maschinenkonstruktion eine „Haarrohr“-Dampfmaschine, bei der der Generator aus 40 Zoll (1016 mm) langen Röhren von $\frac{1}{8}$ Zoll (3,17 mm) Durchmesser bestand. Man wollte diese neue Maschine zur Luftschiffahrt verwenden und baute eine vierpferdige Maschine mit einer 100 Fuß (30,5 m) langen Rohrschlinge von $\frac{1}{4}$ Zoll (6,3 mm) Rohrdurchmesser, der Dampfzylinder war 3 Zoll (76 mm) weit bei 27 Zoll (686 mm) Hub. Die ganze Maschine, bei der man auch nicht versäumt hatte, eine „neue Art“ rotierende Bewegung anzubringen, soll 115 Pfund (52,2 kg) gewogen haben. Die Maschine sollte ein Segelrad, das wie ein Windmühlenrad wagerecht über der Maschine angeordnet war, umdrehen. Bei dem Versuch zeigte es sich, daß man weder Dampf bekam, noch auch imstande war, die Maschine zu drehen.

Severin erwähnt auch noch eine andere Hochdruckmaschine, die nach dem Erfinder „bei einer gleichen Menge Dampf eine achtmal größere Wirkung und bei gleicher Menge Brennmaterial eine 50mal größere Kraft als die Wattsche Maschine hervorbringen sollte; eine 40pferdige Maschine sollte nicht mehr Raum einnehmen als der Dampfzylinder einer gleich starken Wattschen Maschine“. Severin fügt hinzu: „Dergleichen Versprechungen sind öfters gemacht worden, aber die Erfüllung ist bisher immer ausgeblieben.“

¹⁾ s. Severin, Beiträge, Berlin 1826, und Dingers polyt. Journal, Jahrg. 1823 bis 1830, und Galloway, History of the steam engine, London 1836.

e) Dr. E. Albans Hochdruckdampfmaschine.

Neben Evans und Trevithick war der bedeutendste Vertreter der Hochdruckmaschine Dr. E. Alban¹⁾ in Plau in Mecklenburg, der bei voller Würdigung seiner vielseitigen technischen Arbeiten mit Recht zu den ersten Ingenieuren Deutschlands zu rechnen ist.

Alban bezeichnete sich selbst als Schüler von Evans, und auch ihm ist eigen die wissenschaftliche Denkweise und klare Sprache des großen Amerikaners, wenn natürlich auch er ebensowenig wie sein Vorbild ganz frei war von den Irrtümern seiner Zeit.

Auch Alban versuchte zuerst Dampfdrücke von 40 bis 60 at anzuwenden. Um die gleiche Zeit wie Perkins gelang es ihm, in England die zur Durchführung seiner ersten Versuche nötigen Geldmittel zu erhalten. Ebenso wie Perkins nahm anfangs auch Alban an, daß durch große äußere Flächen die Wärme sich wie das Licht im Brennspiegel konzentrieren lasse. Da er glaubte, daß ein flüssiges Material der Wärme weit geringeren Widerstand entgegensetze als festes, so verwarf Alban die dicken gußeisernen Perkinsschen Röhren und nahm enge dünne Röhren, die er nicht unmittelbar, sondern in einem flüssigen Metallbade (Blei mit etwas Zinn) dem Feuer aussetzte; gegebenenfalls wollte er dem Gefäß eine gekrümmte Form erteilen, um so die Oberfläche noch zu vergrößern. Mit dem Metallbade wollte Alban auch noch das Durchbrennen der Röhren verhindern, das jedenfalls sonst leicht eingetreten wäre, da bei dem geringen Durchmesser der Röhren sie leicht durch Aufkochen des Wassers trocken wurden.

Interessant ist die Maschinenkonstruktion, die Alban für diese Hochdruckmaschine verwendete, Fig. 196. Zwei einfachwirkende Zylinder, mit

¹⁾ Ernst Alban, am 7. Februar 1791 als Sohn des Pastors Friedrich Alban in Neubrandenburg in Mecklenburg-Strelitz geboren, erhielt eine sorgfältige Erziehung und zeigte frühzeitig eine ausgesprochene Vorliebe für die damals in Mecklenburg kaum dem Namen nach bekannte Technik. Vom Vater zum Theologen bestimmt, setzte er es wenigstens durch, Arzt zu werden. 1815 ließ sich Alban als praktischer Arzt in Rostock nieder und erwarb sich hier durch viele glückliche Staroperationen einen besonderen Ruf als Augenarzt. Im gleichen Jahre begann er sich auch bereits mit der Hochdruckdampfmaschine zu beschäftigen. 10 Jahre später, 1825, gelang es Alban, in England weite Kreise für seine Hochdruckpläne zu interessieren. Die großen Erwartungen, die man auf die neue Dampfmaschine gesetzt hatte, erfüllten sich keineswegs. Um eine bittere Erfahrung reicher kehrte Alban nach Mecklenburg zurück und gründete 1830 zu Klein-Wehendorf die erste Maschinenfabrik seines Heimatlandes, aus der unter vielen anderen Erzeugnissen vor allem die von Alban erfundenen und heute noch gebrauchten Breitsäemaschinen hervorgingen. Nachdem sich Alban vorübergehend mit dem Besitzer einer Eisengießerei in Güstrow zur Anlage einer Maschinenfabrik vereint hatte, zog er es doch vor, allein seinen Weg als Maschinenbauer fortzusetzen; er gründete deshalb 1840 in Plau eine neue Maschinenfabrik, die heute noch von seinem Enkel Ernst Alban weiter betrieben wird. Dr. Ernst Alban starb am 13. Juni 1856. (Eine ausführlichere Lebensbeschreibung dieses hochbedeutenden deutschen Ingenieurs enthält des Verfassers Geschichte der Dampfmaschine, Berlin 1901, S. 411 bis 427.)



Dr. Ernst Alban

geb. 7. Febr. 1791, gest. 13. Juni 1856

ihrer Öffnung einander zugekehrt, liegen auf einer gußeisernen Platte, die ihrerseits wieder auf starkem Holzrahmen ruht; der Kolben ist als Tauchkolben, wie er bei Pumpen schon seit langem und auch bei Dampfmaschinen schon von Trevithick versucht worden war, ausgebildet. Der Grund für diese Anordnung war die leichtere Abdichtung, die hier von außen allein durch die Stopfbüchse erreicht wurde. Ähnlich wie Trevithick benutzte auch Alban den Dampfdruck mit zum Abdichten. In der Hanfpackung wurde durch einen ausgesparten Metallring ein Hohlraum geschaffen, der mit heißem Wasser gefüllt wurde. Die Dampfverteilung geschah durch je zwei an den Enden des Zylinders angebrachte kleine Stahlventile mit dicker Ventilstange, durch die eine möglichst

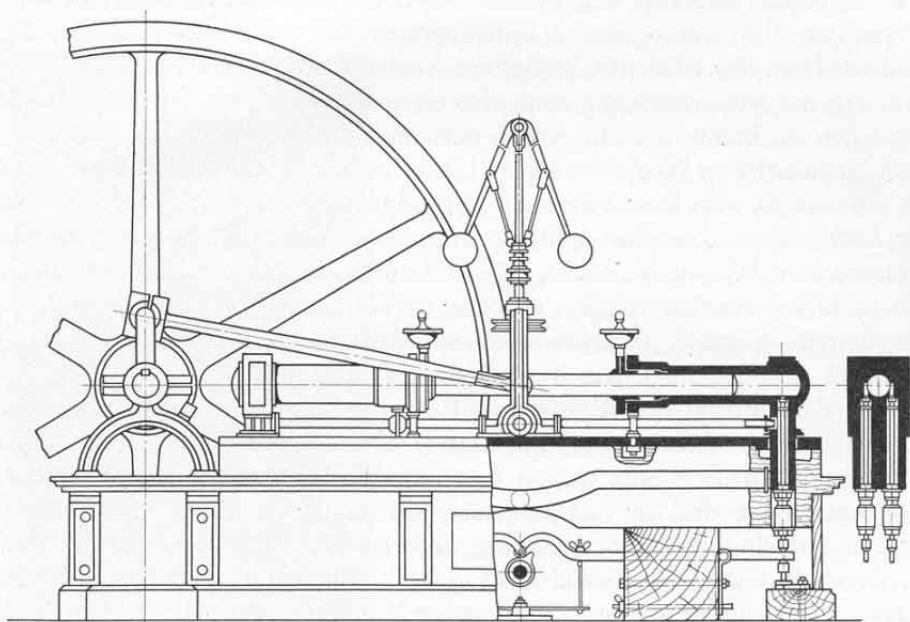


Fig. 196. Albans Hochdruckdampfmaschine 1828.

(Nach Dingers polyt. Journal, Bd. 32.)

große Entlastung vom Dampfdruck bewirkt wurde. Die Bewegung der Ventile wird von einer unter dem Zylinder angeordneten, durch konische Zahnräder von der Kurbelwelle aus bewegten Steuerwelle mit unrunder Scheiben, die auf langarmigen Hebel wirkten, abgeleitet. Zwei starke Blattfedern, die unter der Welle liegen, sorgen für das Andrücken der Hebel an die Nocken.¹⁾ Auf die Kurbelwelle wird die Kraft durch eine den Kolbenkörper in der Mitte umfassende Schubstange übertragen.

Eine 10pferdige Maschine hatte einen 3 Zoll (76,2 mm) weiten Zylinder bei 18 Zoll (457 mm) Hub und machte 60 Umdrehungen; bei einem Anfangsdruck von 650 Pfd. (45,7 kg/qcm) arbeitete die Maschine mit dreifacher Expansion.

¹⁾ s. Dingers polyt. Journal, Bd. 32, Jahrgang 1829.

Großen Wert legte Alban schon bei diesen ersten Maschinen auf einfache Herstellung, und er hob besonders hervor, daß an der ganzen Maschine die meiste Arbeit Dreharbeit sei, „was für die leichte und schnelle Vollendung einer jeden Maschine ein sehr wesentlicher Punkt“ ist.

Aber das, was seine englischen Geldleute sich von der Maschine versprochen hatten, konnte vor allem so schnell nicht, wie sie es erwarteten, erreicht werden. Man entzog ihm die Unterstützung, und der deutsche Ingenieur, der sich mehr als Vorkämpfer für eine wissenschaftliche Wahrheit als für einen Streiter im wirtschaftlichen Kampfe ansah, mußte erfahren, daß die Technik ohne Aussicht auf wirtschaftlich brauchbare Verwendung keine Anerkennung findet. Auch die technischen Schwierigkeiten veranlaßten ihn, seine ersten Bestrebungen auf dem Gebiet des hochgespannten Dampfes bald mit kritischen Augen anzusehen. Als Alban anfangs, unter eigener Verantwortung und mit eigenem Gelde in seinem Vaterlande Maschinen zu bauen, da sah er sich gezwungen, „als praktischer Maschinenbauer einen sicheren Weg zu gehen“; d. h. er begnügte sich mit Dampfdrücken von 8 bis 10 at, die in der Zeit der Dampf-niederdruckmaschine gewiß noch sehr hoch waren. Zunächst galt es, brauchbare Kessel hierfür herzustellen; so entstanden Wasserrohrkessel, die als Grundform vieler heute berühmten Wasserrohrkesselarten zeigen, welches hervorragende technische Genie in dem damals gänzlich industriellosen Mecklenburg in einfachsten Verhältnissen und bescheidenem Wirkungskreis tätig war.

Die Ausführung der Albanschen Hochdruckmaschine zeigt große Vielseitigkeit; Alban lehnte es grundsätzlich ab, für alle Fälle ein und dieselbe Bauart anzuwenden; er sah die Aufgabe des Ingenieurs darin, jedem besonderen Falle das für ihn passende zukommen zu lassen. Mit den einfachsten Mitteln die größte Leistung zu erreichen, war seine Richtschnur.

Dieser Wunsch, die Maschine so einfach wie nur möglich zu gestalten, führte ihn besonders zu der oszillierenden Maschine. Als Übelstand der bisherigen Maschinen mit schwingendem Zylinder sah Alban die Benutzung der Drehzapfen zur Zu- und Ableitung des Dampfes an. Um dem abzuhelfen, hing er den Zylinder in einem rechteckigen Rahmen auf, der so viel Platz bot, daß Dampf-Zu- und Ableitung in der Drehachse dieses Rahmens in den Zylinder eingeführt werden konnte. Er ordnete ferner die Kurbelwelle unten an und brachte die Schwingungsachse des Zylinders möglichst weit davon entfernt an, um so geringe Ausschlagswinkel, also kleinere Massenbewegung, zu erhalten. Durch dieses pendelartige Aufhängen des Zylinders wurde auch noch das eigene Gewicht zur Umkehr der Massenbeschleunigung ausgenutzt.

Für die Dampfverteilung hatte Alban zuerst vier Ventile benutzt. Obwohl er die Vorteile dieser Steuerung zu schätzen wußte, verwandte er später ausschließlich den Muschelschieber, weil dieser seinem Streben nach größter Einfachheit der Maschine am besten entsprach und sich außerdem im Betriebe bei ungeschulten Maschinenwärtern als zuverlässiger erwies.

In der Besorgnis, der hohe Dampfdruck, der den Schieber auf die Gleitfläche preßte, könne die Reibung übermäßig steigern, nahm er innere Einströmung. Der Schieber wurde somit bei dieser Ausführung, die im Wesen den ersten Murrayschen Schiebern glich, von der Gleitfläche abgedrückt. Starke Federn hatten diesem Druck Widerstand zu leisten und zugleich den Schieber mit geringem Überdruck dampfdicht auf den Schieber Spiegel zu pressen. Alban verließ jedoch diese Anordnung bald wieder und kehrte zur einfachsten und gebräuchlichsten Ausführung zurück. Als Kolbenliderung wandte Alban trotz der hohen Dampftemperaturen zuerst ausschließlich Hanfpackung an, die er auf das sorgfältigste herzustellen pflegte. Später gelang es ihm, auch Kolben mit Metallpackung anzufertigen, die allen Anforderungen des praktischen Betriebes entsprachen. Die Kolbenstange wurde durch eine möglichst lang gehaltene Stopfbüchse gut geführt. Um gute Schmierung zu erreichen, brachte Alban zwischen die Hanfpackungen einen gußeisernen Ring, der so ausgespart war, daß um die Kolbenstange ein ringförmiger Raum, dem von außen Schmiermaterial zugeführt werden konnte, frei blieb.



Fig. 197. Albans Dampfmaschine.
(Original im Deutschen Museum in München.)

Eine Albansche normale Dampfmaschine zeigt Fig. 197. Sie wurde von Dr. Alban 1839, damals noch in Güstrow, für die Tuchfabrik in Plau erbaut und hat bis vor wenigen Jahren noch Arbeit geleistet. Heute hat diese vielleicht letzte noch vorhandene Dampfmaschine des großen deutschen Maschinenbauers im Deutschen Museum zu München einen Ehrenplatz gefunden. Über die Konstruktion der Maschine geben die Fig. 198 bis 200 weiteren Aufschluß.

Auf säulengetragenem Gestell ruhen die Lager des Schwingrahmens, mit dem der Zylinder verschraubt ist; der Schieberkasten ist auf dem Zylinderboden aufgeschraubt. Ein einfacher Muschelschieber dient als Grundschieber, er trägt zwei Ansätze, durch die er einen auf der Zwischenwand gleitenden Expansionsschieber mitnimmt. Bei späteren Anordnungen sind die Anschläge auf einer nach außen durchgeführten Schieberstange des Expansionsschiebers angebracht, zwischen denen ein an der Grundschieberstange befestigter Teil sich hin und her bewegt. Links vom Expansionsschieber liegt ein kleiner, von Hand bewegter Hilfsschieber, der beim Anlassen der Maschine dazu dient, frischen Dampf gleich dem Grundschieber zuzuführen. Bei späteren Anordnungen ließ Alban auch den Schlepsschieber unmittelbar auf dem

Rücken des Grundschiebers laufen, wandte also die von Edwards eingeführte Schleppschiebersteuerung an. Die Bewegung des Schiebers zeigt Fig. 200. Der Regulator wirkte in üblicher Weise auf die Drosselklappe.

Den Schwingrahmen, den Alban bei diesen Maschinen zunächst anwandte und den er für sehr wesentlich hielt, gab er später zugunsten einer einfacheren Ausführung wieder auf, zumal er eingesehen hatte, daß die Erwärmung der Schwingzapfen nicht so beträchtlich war, als er anfangs gefürchtet hatte. Er fütterte aber die gußeisernen Lager mit Hirnholz aus;

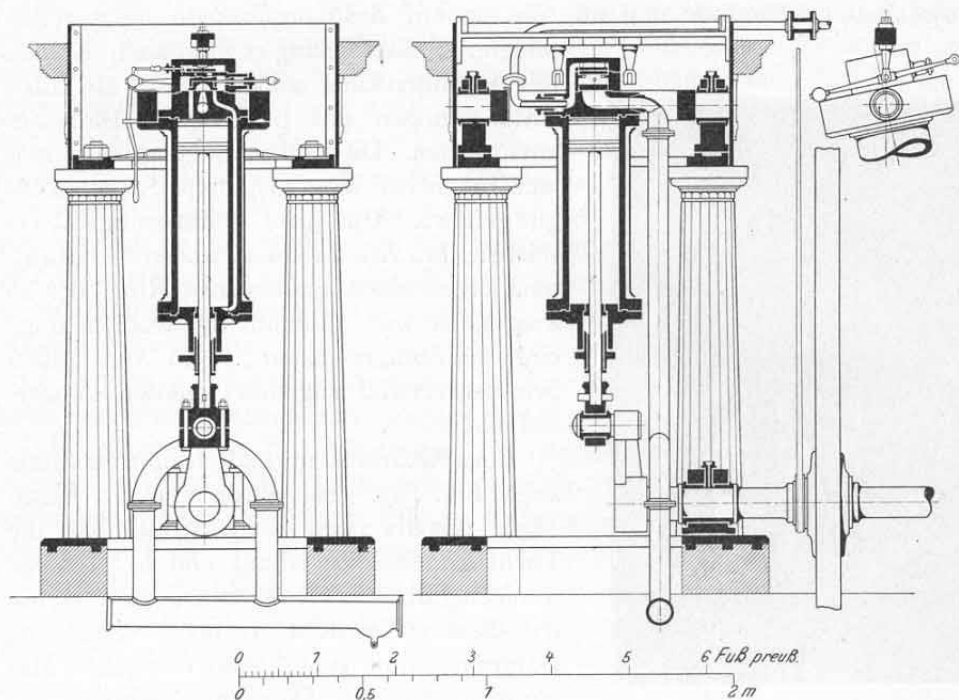


Fig. 198 bis 200. Alban's normale Betriebsdampfmaschine um 1840.

(Originalzeichnung.)

er wollte mit diesen einfachen Holzlagern die besten Erfolge erzielt haben.¹⁾ Bei diesen Maschinen wandte Alban auch den Evansschen Drehschieber in Verbindung mit dem Schleppschieber an.

Eine oszillierende Maschine mit oben liegender Kurbelwelle und sehr gefälligem bockartigen Gestell zeigt Fig. 201.

Daß Alban auch andere Maschinenformen ausführte, zeigen die Fig. 202 und 203, bei der der Zylinder feststeht. Der Kreuzkopf, mit dem die Schubstange durch ein Kugelgelenk verbunden ist, gleitet zwischen vier ebenen Schienen. Auch liegende Maschinen wurden ausgeführt.

¹⁾ s. Dingers polyt. Journal, Bd. 113, Jahrgang 1849.

Sieht man von den äußeren Zutaten, dem architektonischen Schmuck ab, durch den die Maschine „auch in ihrem Äußern ihre hohe wichtige Bedeutung für den Menschen und seine Werke ausdrücken sollte“, so zeigen alle Formen und Abmessungen der Alban-Maschinen das hohe technische Verständnis ihres Erbauers.

Aber auch Alban war seiner Zeit voraus. Er fand wenige, die ihm damals zu Dampfdrücken von 8 bis 10 at folgten.

Nur langsam entwickelte sich die Niederdruckmaschine zur Hochdruckmaschine. Auch hier ließ sich keine Stufe überspringen, und lange dauerte es, bis man allgemein es lernte, Maschinen auch für höheren Druck betriebssicher auszuführen.

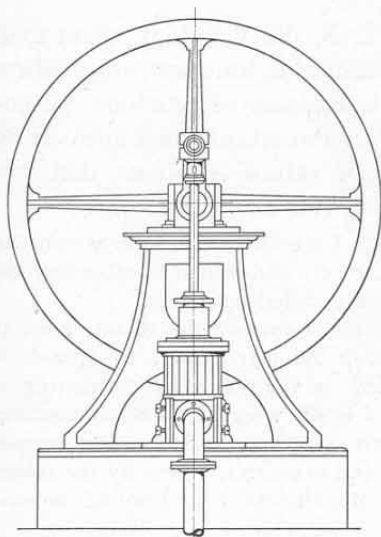


Fig. 201.

Oszillierende Maschine Albans um 1840.

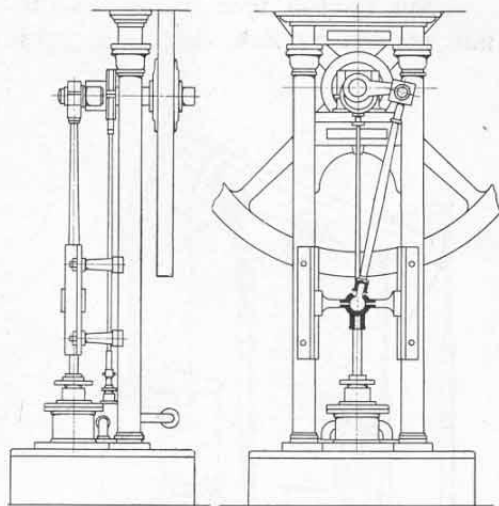


Fig. 202 und 203.

Albans Bockmaschine.

Noch in der Mitte der 30er Jahre gab es kaum eine einzige größere Maschinenfabrik, die für normale Anlagen Dampfmaschinen mit 5 und 6 at betrieben hätte; denn immer hatte sich bis dahin herausgestellt, daß die Hochdruckmaschinen nicht viel billiger kamen, als Wattle, und dabei nur sehr schwer von dem Maschinenwärter in Ordnung gehalten werden konnten.

Nicht von 1 auf 40 und 50 at ist man übergegangen, wie Perkins es wollte, sondern langsam und gradweise ist man von einer auf 2 und 3 at, dem sogenannten Mitteldruck,¹⁾ und von da zu 4, 5 und 6 at gekommen, die man am Ende der 50er Jahre in vielen Fällen erreicht hatte.

¹⁾ Mitteldruckmaschinen sind frühzeitig in Berlin von Freund und Egells ausgeführt worden. In Frankreich waren es Saulnier und Koechlin in Mülhausen, die großen Wert auf diese geringe Drucksteigerung legten.

Es zeigte sich dann auch, daß nicht besondere Konstruktionen für Hochdruckmaschinen notwendig waren, sondern daß man in den gleichen Maschinen Dampf von verschiedenen Drücken verwenden konnte.

3. Die Mehrfach-Expansionsmaschine.

a) Hornblowers Zweifach-Expansionsmaschine.

Die Anfänge der Mehrfach-Expansionsmaschine reichen bis ins 18. Jahrhundert zurück. Aus einem berühmten englischen Ingenieurgeschlecht stammt ihr Erfinder: Jonathan Hornblower.¹⁾

Am 13. Juli 1781 wurde ihm, unter Nr. 1298, die von ihm schon 1786 mit 11 und 14 Zoll (279 und 356 mm) Zylinderdurchmesser ausgeführte Zweifach-Expansionsmaschine patentiert. Der Patentanspruch enthielt in den beiden ersten Absätzen den wesentlichen Teil der Erfindung:

„First, I use two vessels, in which the steam is to act, and which in other engines are generally called cylinders.

Secondly, I employ the steam, after it has acted in the first vessel, to operate a second time in the other, by permitting it to expand itself, which I do by connecting the vessels together, and forming proper channels and apertures, where by the steam shall occasionally go in and out of the said vessels.“

Darin ist klar die Expansion des Dampfes in zwei Zylindern ausgedrückt.²⁾

Fig. 204 zeigt die erste Mehrfach-Expansionsmaschine.³⁾

Die beiden Zylinder stehen nebeneinander in der Längsachse des Balanciers. Der kleine Zylinder hat den kürzeren Hub. Vier flache gitter-

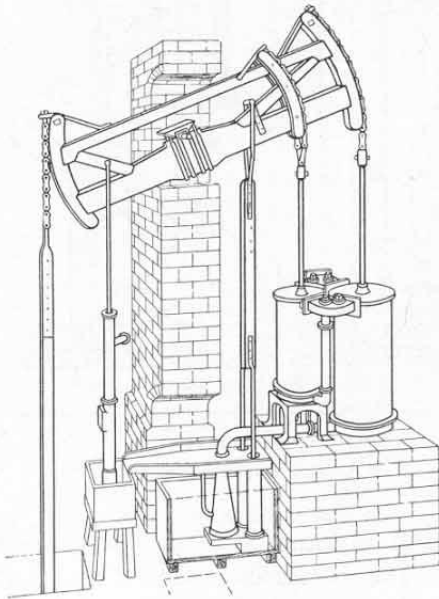


Fig. 204. Hornblower-Maschine 1781.

¹⁾ s. Seite 118.

²⁾ Die übrigen fünf im gleichen Patente enthaltenen Ansprüche beziehen sich auf Oberflächenkondensation, auf Entfernen des Kondensats und der angesammelten Luft, sowie auf die Stopfbüchsendichtung. Ein in der Packung gebildeter ringförmiger Raum war mit dem Kessel so verbunden, daß der geringe Dampfüberdruck das Eindringen der Luft in den Zylinder verhütete.

³⁾ Eine Abbildung und ausführliche Beschreibung der Hornblowerschen Maschine ist in der Encyclop. Britannia, Kapitel: „Steam-engine“ von Dr. Robison enthalten; die Figur ist daraus entnommen.



Jonathan Hornblower

geb. um 1725, gest. 1812

artige Drehschieber, oben an dem Zylinder angeordnet, dienen zur Dampfverteilung; links von den Zylindern sind in einem gemeinsamen Wasserkasten Wasser- und Luftpumpe, und zwar getrennt voneinander und nur durch ihren untersten Teil verbunden, zugleich mit dem kegelförmigen Kondensator untergebracht. In Aufbau und Gesamtanordnung gleicht die Hornblower-Maschine der Watts. Bemerkenswert ist noch der zum Zweck der Gewichtersparnis als Spannwerk ausgebildete Balancier.

1790/1791 führte Hornblower die erste große Maschine nach seinem Patent aus; sie diente zur Wasserhaltung auf der Tincroft mine in Cornwall; eine zweite wurde in der Nähe von Bath zu gleichem Zwecke errichtet.

Abmessungen und Leistungen dieser beiden Maschinen waren die folgenden:

	Hochdruckzylinder		Niederdruckzylinder		Anzahl d. Hübe in der Minute	Zylin.-Verhältnis	Leistung
	Durchm.	Hub	Durchm.	Hub			
1. Maschine	21 Zoll 533,4 mm	6 Fuß 1829 mm	27 Zoll 685,8 mm	8 Fuß 2438 mm	7	1:2,2	14,8 Mill. Fußpfund mit 1 bushel Kohlen (84 lbs)=53701 mkg mit 1 kg Kohle
2. Maschine	19 Zoll 482,6 mm	6 Fuß 1829 mm	24 Zoll 609,6 mm	8 Fuß 2438 mm	14	1:2,13	1. 11,5 PS. 27,2 Mill. Fußpfund bzw. 98693 mkg.

Da Watts Maschinen damals etwa 18 bis 20 Mill. Fußpfund für einen Scheffel Kohlen (65312 bis 72569 mkg für 1 kg Kohle) leisteten, so zeigten Hornblowers zwei ersten Maschinen, falls man sich auf die Angaben verlassen kann, nach beiden Seiten hin wesentliche Abweichungen. Da Hornblower, durch Watts Patent gezwungen, nur mangelhafte Kondensation einrichten konnte, und die zweifache Expansion bei dem geringen Dampfdruck nur wenig Vorteil bieten konnte, so vermochten Watts Maschinen damals noch leicht den Vorrang zu behaupten.

Eine Streitschrift, die der Vertreter der Sohoer Firma 1793 gegen Hornblower richtete, versprach mit einer Wattschen Einzylindermaschine, deren Zylinder gleich dem Niederdruckzylinder der Hornblowerschen Maschine sein sollte, mit der gleichen Brennstoffmenge 50 v. H. mehr Wasser zu heben. Tatsache ist jedenfalls, daß es Watt gelang, bis zum Erlöschen seines Patenten die Ausführung der Zweifach-Expansionsmaschine fast ganz zu verhindern.

Watts Firma sah in der Hornblowerschen Maschine nur eine Nachahmung der Wattschen Erfindung, obwohl erst das Wattsche Patent von 1782 die Benutzung der Expansion in Aussicht nahm, nachdem Hornblower ein Jahr vorher bereits in seinem Patente ausdrücklich die Anwendung der Expansion betont hatte. Als 1792 Hornblower das Parlament bat, die Gültigkeit seines Patenten zu verlängern, wandte sich Watt sehr energisch gegen die Bewilligung des Gesuches und suchte zu beweisen, daß die Hornblowermaschine „a direct and palpable plagiarism of Mr. Watts invention“ sei. Obwohl in diesem Beweis auf den wesentlichen Punkt des Hornblower-

schen Patents, daß der Dampf nacheinander in zwei Zylinder wirkte, gar nicht eingegangen wurde, wies doch das Parlament das Gesuch ab.

1799 kam es auch noch zu einer Anklage wegen Patentverletzung und ein Patentprozeß wurde nur vermieden, weil die Besitzer von Hornblowers Maschinen bereit waren, an Watt die Patentgebühren nachzuzahlen.¹⁾

Auch Watt nahm 1782 in sein Patent eine Anordnung auf, „wie in zwei vollkommen selbständigen Maschinen, deren Zylinder und Kondensator nur in entsprechender Weise zu verbinden seien, der Dampf nacheinander in beiden Zylindern benutzt werden könne“.

Zu dieser von ihm als „new compound or double engine“ bezeichneten Maschine mag wohl die Besorgnis, Hornblower könne mit seiner Zweizylindermaschine Erfolge haben, die Anregung gegeben haben. Es handelte sich mehr darum, auch diesen Weg anderen Erfindern zu verlegen, als mit einer neuen Maschine auf den Markt zu kommen.

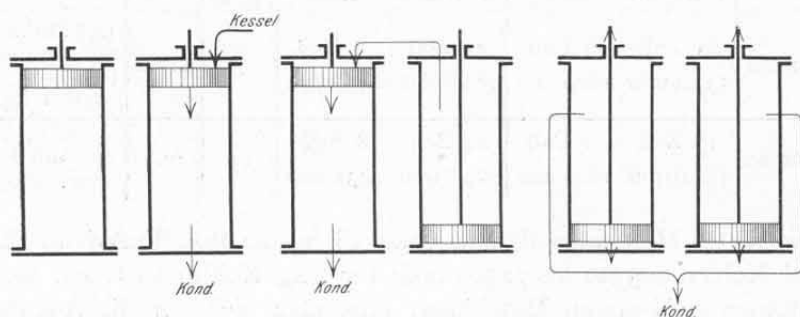


Fig. 205. Watters „compound engine“ 1782.

Die Wirkungsweise der Anordnung zeigt das Schema Fig. 205. Der Dampf sollte zuerst auf den einen der beiden gleich großen Zylinder in üblicher Weise wirken; war der Hub beendet, so expandierte der Dampf, während der Kolben in seiner untersten Lage verblieb, in den zweiten Zylinder, dessen Raum unter dem Kolben dann mit dem Kondensator in Verbindung stand. Hatte auch die zweite Maschine ihren Abwärtshub beendet, so wurde sie durch das Übergewicht der anderen Balancierseite emporgezogen, indem gleichzeitig der Raum über dem Kolben mit dem Kondensator verbunden wurde. Von einer praktischen Ausführung ist nichts bekannt.

b) Arthur Woolf.

Zu vollem Erfolge führte die Mehrfach-Expansionsmaschine erst ein Landsmann Hornblowers und Trevithicks, Arthur Woolf, der mit Trevithicks Hochdruckdampfmaschinen, von denen er die ersten 1800 in London

¹⁾ Hornblower, der 1812 starb, hat die Früchte seiner Arbeit nicht ernten können. Über Hornblowers Erfindung berichtet ausführlich Farey, *Steam Engine*, London 1827, S. 346, 384 bis 392.

aufgestellt hatte, ebenso bekannt war, wie mit der Zweizylindermaschine Hornblowers, bei deren erster Ausführung er in London ebenfalls beteiligt war. Woolf suchte die Vorteile dieser beiden Maschinen in einer zu vereinigen. Er baute doppeltwirkende Zweifach-Expansionsmaschinen und steigerte den Dampfdruck auf 3 bis 4 at.

Das nach verschiedenen Richtungen hin höchst bemerkenswerte Patent vom 17. Juni 1804 (Nr. 2772) beginnt mit einer „wissenschaftlichen Entdeckung“: „my discovery of the expansion power and force of steam“, die eine maßlose Überschätzung der Expansionskraft des Dampfes enthält, von der übrigens auch Evans nicht frei war.¹⁾

In dem Patent heißt es:

„Ich habe durch tatsächliche Versuche sicher gestellt und auf die Praxis angewendet, daß gleichwie durch die Erfahrung gefunden ist, daß Dampf, welcher mit vier Pfund auf den Quadratzoll gegen das dem Luftdruck ausgesetzte Sicherheitsventil drückt, fähig ist, sich zu dem vierfachen Volumen auszudehnen, als er eben einnimmt, und noch der atmosphärischen Pressung gleichkommt, daß in gleicher Weise Dampf von fünf Pfund auf den Quadratzoll sich zu seinem fünffachen Volumen ausdehnen kann. Mengen oder Quantitäten von Dampf von der ähnlichen Spannkraft von sechs, sieben, acht, neun oder zehn Pfund können expandieren auf ihr sechs-, sieben-, acht-, neun-, zehnfaches Volumen und noch beziehungsweise gleich sein der Atmosphäre oder fähig, eine hinreichende Wirkung gegen den Kolben einer Dampfmaschine auszuüben, daß derselbe in der alten Newcomenschen Maschine — mit Gegengewicht — aufsteigt oder auch, daß er eingelassen werden kann in den luftleeren Raum des Zylinders der bewährten Maschinen, die zuerst von Boulton und Watt eingeführt wurden; und dieses Verhältnis ist steigend und nahezu, wenn nicht gänzlich, gleichförmig, so daß auch Dampf von der Spannkraft zwanzig, dreißig, vierzig, fünfzig Pfund auf den Quadratzoll des gewöhnlichen Sicherheitsventils auf sein zwanzig-, dreißig-, vierzig-, fünfzig-faches Volumen expandieren kann und allgemein für alle zwischenliegenden oder höheren Grade von Spannkraft, so daß die Zahl, wievielfach der Dampf einer gewissen Spannung und Temperatur sich ausdehnen kann, nahezu dieselbe ist, als die Zahl der Pfunde, welche er pro Quadratzoll gegenüber dem gewöhnlichen Atmosphärendruck aushält, vorausgesetzt immer, daß der Raum oder das Gefäß, in welchem derselbe sich ausdehnen kann, erhalten sei auf mindestens ebenso hoher Temperatur, als der Dampf anfänglich hat usw.“

D. h.: Woolf wollte entdeckt haben, daß Dampf von n Pfund Überdruck auf den Quadratzoll englisch sich auf das n -fache Volumen ausdehne, falls die Anfangstemperatur während der Expansionsperiode beibehalten würde. Zunächst scheint es, als ob Woolf einfach Pfund und Atmosphäre verwechselt hat. Ergebnisse von Versuchen, die er mitteilt, in denen er Dampfdruck und Temperatur ziemlich richtig wiedergibt, enthalten aber Zahlenreihen, die klar das merkwürdige Expansionsgesetz nachweisen.

Der geringe Brennstoffverbrauch, den Woolf mit seinen Maschinen erreichte, ließ auch Gelehrte an die Richtigkeit seiner Entdeckung glauben. Man begann sich zu bemühen, das Unwahrscheinliche mit den bisherigen

¹⁾ s. R. Doerfel, Die Entwicklungsgesch. der Zweizylindermaschine, Technische Blätter, Prag 1879, S. 222, behandelt auch ausführlich das Woolfsche Patent. Die Ausführungen sind im folgenden zum Teil benutzt.

Naturgesetzen in Einklang zu bringen. Schließlich aber siegte doch die ernste Kritik; man gab das Unmögliche des Woolfschen Gesetzes zu und verstieg sich sogar zu der Annahme, auch dem Erfinder sei es nicht ernst damit gewesen, er habe es seinem Patente nur vorangesetzt, um seinem Anspruche auf die durch Hornblower und Watt schon patentierte Expansionswirkung mehr Ansehen zu verschaffen.¹⁾

Außer dem angeführten Expansionsgesetz werden in dem Woolfschen Patent noch Angaben über die Abmessungen neuer Maschinen mit zwei Zylindern verschiedener Größe gegeben. Der kleine Zylinder wird dabei als „Maß für den größeren“ bezeichnet. Dem neu entdeckten Expansionsgesetz entsprach die Angabe des Volumenverhältnisses; danach sollte bei Dampf von 40 Pfd./Qu.-Zoll der Inhalt des kleinen Zylinders wenigstens $\frac{1}{40}$ vom Inhalt des großen sein! Ferner werden die nötigen Verbindungen mit Kessel, Kondensator und den beiden Zylindern beschrieben. Die Überströmröhre müssen vom Deckel zum Boden führen, wenn die Kolben miteinander, dagegen von Deckel zu Deckel, von Boden zu Boden, wenn die Kolben entgegengesetzt laufen sollen. Erhält der Niederdruckzylinder zu große Abmessungen, so sollen zwei oder mehrere von zusammen dem gleichen Volumen verwendet werden.

Waren vorhandene Maschinen umzubauen, so wurde als das Einfachste empfohlen; einen kleinen Zylinder, der nur als Maß dienen soll, bei dem aber auch ein Kolben durch den Dampf betrieben werden könne, hinzuzufügen. Ließen sich an vorhandenen Maschinen keine neuen Zylinder anbringen, so solle man doch höhergespannten Dampf verwenden, mit Rücksicht aber auf die für niedrigen Dampfdruck konstruierten Teile der Maschine solle man die Dampfventile nur langsam öffnen, sodaß der Dampfdruck nur nach und nach die Kesselspannung erreiche.

Besonderen Wert legte Woolf darauf, Wärmeverluste der dampfführenden Teile möglichst zu vermeiden. Statt des gewöhnlichen Dampfmantels, der mit dem Kessel verbunden ist, gab er Dampfmäntel mit besonderer Feuerung an und ließ sich 1805 auch für den gleichen Zweck die Anwendung eines geheizten Ölbadens oder flüssig gehaltenen Metalls patentieren.²⁾ Der Dampfmantel sollte ein Sicherheitsventil erhalten, um die Temperatur zu regulieren. Ferner führte Woolf aus, daß die Expansionsfähigkeit erhöht werden könne durch Steigerung der Temperatur, ebenso wie sie geringer würde bei niedriger Temperatur.

¹⁾ Auch wurde mit Recht darauf aufmerksam gemacht, wie sonderbar es sei, daß ein so wichtiges Naturgesetz, wie Woolf es entdeckt haben wolle, sich so ganz nach englischem Maß und Gewicht richte; s. Bernoulli, Dampfmaschinenlehre, 1833.

²⁾ Die beiden Patente Woolfs vom 2. Juli 1805 (Nr. 2863) und vom 9. Juni 1810 (Nr. 3346) haben keinerlei Bedeutung gewonnen. In dem ersten Patent wird unter anderem Quecksilber oder leicht flüssige Metallmischung als Kolbendichtung empfohlen. Im zweiten Patent soll der Dampf durch Vermittlung einer Flüssigkeitsschicht (Öl) auf den Kolben wirken usw.

Als besonderer Vorzug seiner Zweifach-Expansionsmaschine galt auch, daß der Dampf bei undichtem Kolben des ersten Zylinders nicht verloren ging, wie in der gewöhnlichen Einzylindermaschine, sondern hier noch im großen Zylinder zur Wirkung käme; das war auch später noch oft die wesentlichste Empfehlung für die mannigfach verschiedenen Versuche, den Dampf nacheinander in mehreren Zylindern zu verwenden.¹⁾

Woolfs erste Maschine wurde in der Meuxschen Brauerei in London aufgestellt. 1806 machte sich Woolf mit einem anderen englischen Ingenieur Edwards selbständig und siedelte 1812 nach Cornwall über, wo er eine große Tätigkeit im Wasserhaltungs-Maschinenbau entfaltete.

So sonderbar Woolfs wissenschaftliche Ansichten, wie sie sich in seinen Patenten ausdrückten, auch waren, ein ungemein sicheres Gefühl für praktische Ausführbarkeit behütete ihn vor kostspieligen Versuchen. Seine Maschinen zeigten eine damals ungewöhnliche Eleganz, und seine Zeitgenossen rühmten die vorzügliche Werkstattarbeit und bezeichneten seine Maschinen als „Schmuckstücke eines Ausstellungsraumes“.

Die Tatsache, daß Woolf auch einen Metallkolben bei seinen Maschinen anwandte, zeigt, wie weit er in der genauen Ausführung seiner Maschinen schon gekommen war.

Auf dem Kontinent wurde die Woolfsche Maschine durch seinen Teilhaber Edwards, der eine seiner ersten Maschinen 1815 an die Coquerillsche Wollspinnerei in Berlin lieferte, eingeführt. In demselben Jahre erhielt Edwards ein französisches Patent auf die Zweifach-Expansionsmaschine und gründete in Paris eine Fabrik. Wenn auch in Frankreich die Woolfsche Maschine mehr Interesse erregte, als in England, so kam sie doch auch hier erst in den 40er und 50er Jahren, besonders als Betriebsmaschine der Textilindustrie, zu größerer Bedeutung.

c) Wirkungsweise verschiedener Mehrfach-Expansionsmaschinen.

Die von Hornblower zuerst ausgesprochene und auch zuerst ausgeführte Idee, den Dampf nacheinander in mehreren Zylindern wirken zu lassen, hat nicht nur eine große Zahl verschiedener konstruktiver Lösungen

¹⁾ Die „Zweizylindermaschine“ hat den Namen Arthur Woolfs dauernd in der Technik erhalten. Noch heute werden vor allem in Deutschland Zweifach-Expansionsmaschinen ohne Zwischenbehälter als Woolfsche Maschinen bezeichnet. Auch in England war diese Bezeichnung bis in die 50er Jahre üblich. Neben „Woolfs double cylinder engine“ findet sich auch „combined double cylinder engine“. Der heute allgemein benutzte Ausdruck „Compound engine“ findet sich zuerst im Wattschen Patent 1782, dann erst wieder Ende der 40er Jahre in den Patentschriften, von da an wird er allgemein. In Deutschland wurde der Ausdruck Compound-Maschine für die Zweifach-Expansionsmaschine mit unter 90° versetzten Kurbeln verwendet und später nach dem Vorschlag von Reuleaux in Verbundmaschine übersetzt.

hervorgehoben, sondern hat auch die mannigfachsten Vorschläge gezeitigt, wie der Dampf nacheinander in den einzelnen Zylindern zur Wirkung kommen sollte.

Einige der bekannteren seien durch einfache Skizzen, wobei, um vollständig zu sein und vergleichen zu können, in zeitlicher Reihenfolge auch die Hornblower- und Woolfsche Maschine mit aufgeführt sind, dargestellt und kurz besprochen.

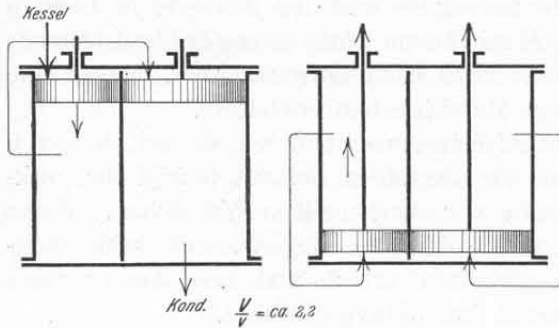


Fig. 206. Hornblower 1781.

in Fig. 207 angegebenen Weise wirken ließ. Durch den äußeren Luftdruck und Dampfdruck wurde der Kolben herabgedrückt, durch das Übergewicht des Pumpengestänges mit Unterstützung des unter beiden Kolben expandierenden Dampfes des großen Zylinders gehoben.¹⁾

Denselben Gedanken enthielt Smiths Patent von 1808 (Nr. 3140), nur waren hier zwei atmosphärische, oben offene Zylinder neben dem Dampfzylinder angeordnet. Eine sehr bemerkenswerte Anordnung

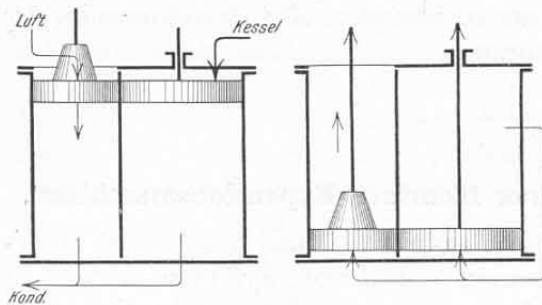


Fig. 207. Sadler 1798.

wurde 1800 John und James Roberton (Nr. 2437) patentiert. Es sollte vor allem damit erreicht werden, daß der Dampf, der infolge undichten Kolbens entwich, auf einen zweiten Kolben noch wirken konnte. Gleichzeitig wurde aber auch eine interessante zweifache Dampf Wirkung hervorgehoben, die, später von Sims wieder aufgenommen, vorübergehend praktisch bedeutsam wurde. Fig. 208 zeigt zuerst einfache Wirkung der mit rohrartiger Kolbenstange fest verbundenen Kolben. Durch Übergewicht wurde der Kolben emporgezogen, indem gleichzeitig die drei Räume über dem kleinen, unter dem großen und zwischen beiden Kolben mit dem Kondensator verbunden wurden. Einen wesentlichen Fortschritt bedeutete

¹⁾ s. Severin, Beiträge, Berlin 1826. S. 129, Taf. 12, Fig. 128.

es, wenn der Arbeitsdampf durch Expansion unter dem großen Kolben den Aufwärtshub bewirkte Fig. 209. Hierbei wurde bei einfacher Dampf-

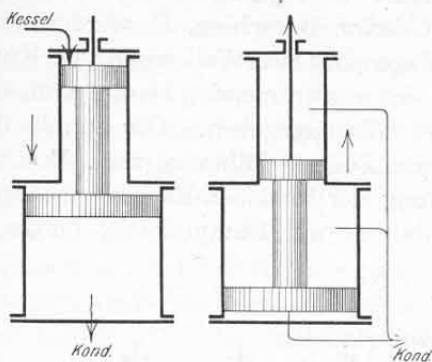


Fig. 208. Roberton 1800.

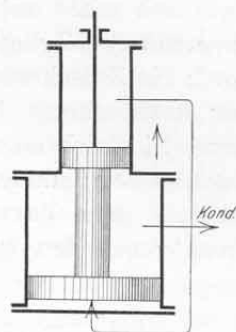


Fig. 209. Roberton 1800.

wirkung eine doppelte mechanische Wirkung erzielt. Auch nebeneinander wollte Roberton die Zylinder setzen und den Dampf gemäß dem Schema Fig. 210 wirken lassen.

Earle wollte 1805 zwei übereinander angeordnete Zylinder Fig. 212 mit Volumenverhältnis 1 : 8 anwenden und sonst den Dampf wie bei einer Woolf'schen Maschine s. Fig. 211 wirken lassen. Wahrscheinlich glaubte der Erfinder, in dieser Weise am leichtesten alte Maschinen

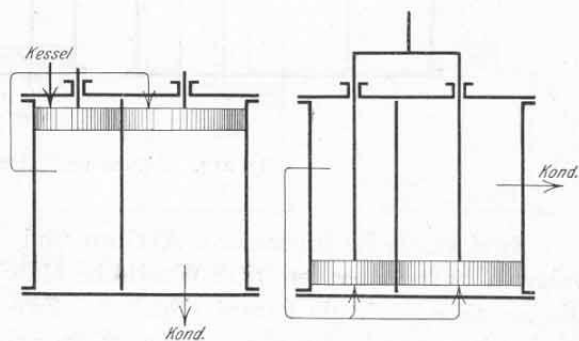


Fig. 210. Roberton 1800.

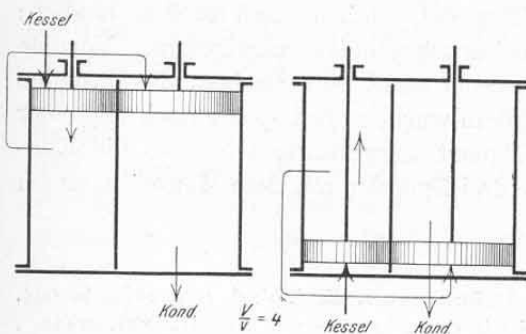


Fig. 211. Woolf 1804.

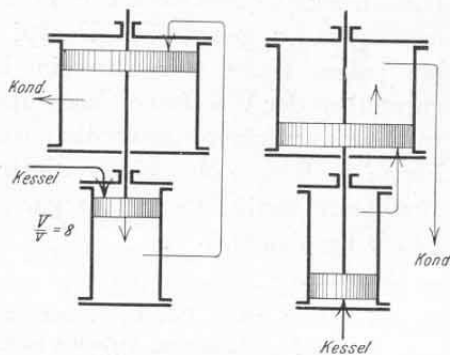


Fig. 212. Earle 1805.

umbauen zu können. Aus dem gleichen Jahre stammt auch das Patent Deverells (2. August 1805, Nr. 2878), in dem er vorschlug, einen großen

Zwischenbehälter anzuordnen, um die Dampfdrücke noch gleichmäßiger zu machen.

Ein Patent von Richard Wright vom Jahre 1816 (Nr. 4088) beschäftigte sich schon mit der heutigen Verbundmaschine. Es werden Dampfmaschinen mit zwei Zylindern vorgeschlagen, mit zwei Wellen und zwei Kurbeln unter 90° ; ein Zwischenbehälter, der den ausströmenden Dampf vom ersten Zylinder aufzunehmen hat, wird ebenfalls angegeben. Der Inhalt dieses Zylinders soll gleich einer oder mehreren Zylinderfüllungen sein. Wie wenig aber auch dieser Erfinder die Bedeutung der Mehrfach-Expansionsmaschine erkannt hat, geht daraus hervor, daß er nur Dampfdrücke bis zu 1 at Überdruck verwenden wollte.¹⁾

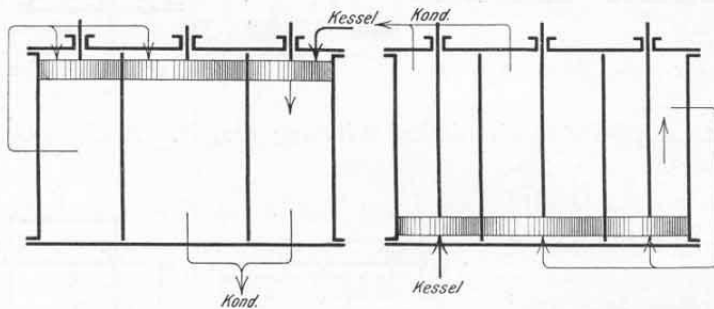


Fig. 213. Aitken und Steel 1818.

Zwei englische Ingenieure, Aitken und Steel, die sich in Paris niedergelassen hatten, bauten 1818 Woolfsche Maschinen mit drei Zylindern, auf die sie 1820 auch ein Patent erhielten. Zweck der Konstruktion war, auch im Hochdruckzylinder gegen Vakuum zu arbeiten. Fig. 213 zeigt die Wirkungsweise. Neben dem Niederdruckzylinder waren zwei Hochdruckzylinder angeordnet, die abwechselnd wirkten. Während auf den Kolben des einen Hochdruckzylinders Kesseldampf drückte, verteilte sich der im anderen Hochdruckzylinder gebrauchte Dampf über den kleinen und großen Kolben; bei jedem Hube war also ein Hochdruckzylinder unwirksam. Vorteile gegenüber der Woolfschen Maschine waren nicht zu erreichen, die Maschine war nur verwickelter geworden; trotzdem wurden auch später noch von einer Firma in Rouen Maschinen dieser Bauart ausgeführt, wobei es die Konstrukteure fertig brachten, sogar die drei Zylinder mit dem Mantel in einem Stück zu gießen.²⁾

¹⁾ s. Eng. 1890, Bd. I., S. 294 und Brückmann, Z. d. V. d. Ing. 1892, S. 945.

²⁾ Eine Maschine von Aitken & Steel ist in den „Annales de l'industrie nat. et étr.“, Bd. 16, Paris 1824, S. 165, beschrieben und auf Taf. 195 abgebildet. Die drei Zylinder waren hier in einem gemeinsamen großen Dampfmantel untergebracht. Die Kolbenstangen griffen an einem gemeinsamen Querhaupte an. Die Zylinder hingen an einem gußeisernen Kessel, der mit selbsttätiger Feuerung und einem Drehrost versehen war.

Fast die gleiche Anordnung ließ sich Udny 1829 (Nr. 5757) in England patentieren. Der Arbeitsdampf des einen Hochdruckzylinders wurde hier nur in den großen Zylinder und nicht gleichzeitig auf die andere Seite des Hochdruckkolbens übergeleitet. Praktisch war das Patent für die weitere Entwicklung ebenso bedeutungslos, wie das vorhergehende.

In den 20er Jahren hatte man die Idee der Mehrfach-Expansionsmaschinen auch mit drei und mehr Zylindern schon in der Literatur mehrfach erörtert. So wird in dem 1823 in Paris erschienenen Buche von Christian über Maschinenbau¹⁾ bereits scharf zwischen der Expansion in einem Zylinder und der in mehreren unterschieden. Die Mehrfach-Expansionsmaschine wird bereits hier vom allgemeinen Gesichtspunkte aus richtig beschrieben und eine Dreifach-Expansionsmaschine durch eine schematische Skizze dargestellt. Ferner wird ausgeführt, daß die Zylinder sich mit immer größerem Durchmesser folgen müssen und daß man bei gleich großen Zylindern keinerlei Vorteil erhalten könne. „Übrigens ist kein Grund vorhanden,“ fährt Christian fort, „um nicht noch mehr Zylinder anzuwenden, als nach der Figur; aber die Kosten und Konstruktionschwierigkeiten, die Reibungswiderstände, das Entgegenarbeiten so vieler bewegter Teile scheinen sich in größerem Maße zu vermehren, als die Zahl der angewandten Zylinder. Eine solche Anordnung würde sich nicht mehr für die Praxis eignen.“

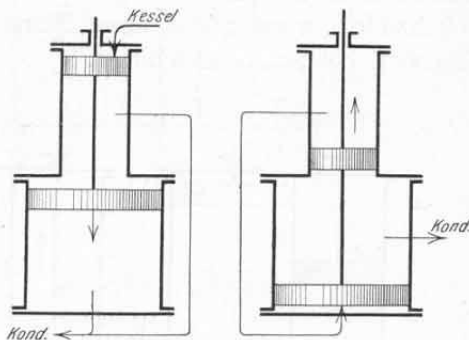


Fig. 214. Sims 1841.

1837 ließ sich Slater die Anordnung eines Zwischenbehälters bei der Woolfschen Maschine patentieren, bei dem ein Reduzierventil (compensating valve) gestattete, selbsttätig frischen Kesseldampf einzuführen, sobald die Spannung im Receiver unter ein bestimmtes Maß gesunken war.

James Sims erhielt auf die nach ihm benannte Anordnung 1841 ein Patent (Nr. 8942). Fig. 214. Die Sims-Maschine weicht nur insoweit von der Robertsons ab, als Sims den Raum zwischen den Kolben ständig mit dem Kondensator verbunden ließ. Auch Gray hatte schon 1838 (Nr. 7745) eine der Simschen ähnliche Wirkungsweise des Dampfes in einem Zylinder angegeben. Er verwendete eine dicke Kolbenstange — Trunck. Beim Abwärtsgang wirkte der Kesseldampf auf die kleine obere Kolbenfläche bei Aufwärtsgang strömte der Arbeitsdampf unter den Kolben und dehnte sich in diesem um das Volumen der Kolbenstange größerem Raum aus.

¹⁾ Christian, *Traité de Mécanique industrielle*, Teil II, S. 113, und danach Brückmann, *Z. d. V. d. Ing.* 1893, S. 283.

Bemerkenswert war die von Nicholson 1846 erfundene „Continuous expansive engine“, eine Zweizylindermaschine, bei der nicht, wie bei der Woolfschen Maschine, der Vorderdampf des Hochdruckzylinders zugleich Hinterdampf im Niederdruckzylinder ist. Die Pleueln sind hier stets unter 90° versetzt und beim halben Hub des kleinen Zylinders strömt bereits der Hinterdampf aus dem kleinen in den großen Zylinder, bei dem der Hub gerade beginnt. Die Expansion geschieht jetzt gemeinschaftlich durch beide Zylinder, bis der große Kolben den Hub beendet und der kleine auf der Hälfte seines Rückweges angelangt ist. Beide Zylinder puffen jetzt in den Kondensator aus. Fig. 215 macht die Dampfführung klar. 1850 nahm James Samuel auf diese Anordnung für Nicholson ein Patent (Nr. 13029) in dem sogar die Anwendung dieser Erfindung auf Lokomotiven angegeben ist. 1851 wurde auch wirklich auf der Brighton Linie eine Stephenson'sche Lokomotive in dieser Weise umgebaut und die Firma Stewart & Nicholson verwendete diese Bauart noch bis Ende der 70er Jahre erfolgreich bei Schiffsmaschinen.¹⁾

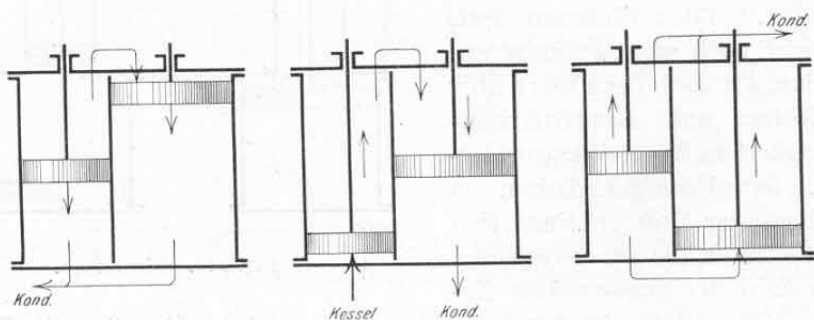


Fig. 215. Nicholson 1846.

1853 ließ sich Edwards ein französisches Patent auf Verstellung der Pleueln bei Woolfschen Maschinen geben, die in der Weise erfolgen sollte, daß die Pleuel des Niederdruckzylinders vor der des Hochdruckzylinders den Hub wechselte, d. h. der neue Hub sollte im Niederdruckzylinder zugleich mit der Vorausströmung im Hochdruckzylinder beginnen. Auch Legavrian in Lille führte aus dem gleichen Grunde Woolfsche Maschinen mit Pleuelstellungen unter 158 bis 160° aus.

Eigenartig waren die Dreizylindermaschinen von Legavrian, mit denen er 1849 einen Preis errang, weil der Kohlenverbrauch unter $1,5$ kg für die PS-Stunde geblieben war. Bei diesen Maschinen, Fig. 216, waren drei Zylinder nebeneinander angeordnet; in der Mitte stand der Hochdruckzylinder, neben ihm zwei Niederdruckzylinder. Der Pleuel des Hochdruckzylinders hatte die doppelte Geschwindigkeit als der des Nieder-

¹⁾ s. Doerfel, Technische Blätter 1879, S. 228.

druckzylinders und gab seinen Arbeitsdampf bald an den einen, bald an den anderen der beiden gleich großen Niederdruckzylinder.

Die Maschine war als Bockmaschine angeordnet; jeder Zylinder hatte einen besonderen Kurbelmechanismus; die Hochdruckkurbel war durch Zahnradvorgelege mit Übersetzung von 1:2 mit der Niederdruckkurbelwelle verbunden. Größere Gleichmäßigkeit des Ganges, wie sie besonders für Spinnereien in Frage kamen, und geringerer Brennstoffverbrauch und sogar kleineres Gewicht als bei Woolfschen Maschinen wurden dieser Anordnung nachgerühmt. Alle drei Zylinder hatten Dampfmäntel.¹⁾

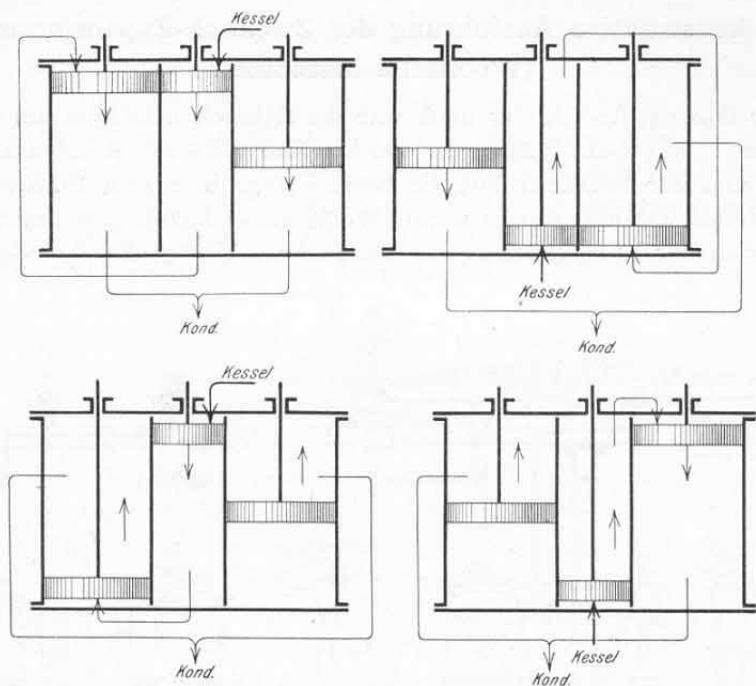


Fig. 216. Legavrian-Lille 1849.

An Versuchen, den Dampf nacheinander in mehreren Zylindern auszunutzen, fehlte es somit nicht. Zu einem durchschlagenden Erfolg aber brachte es erst die eigentliche Verbundmaschine, die zuerst Gerhard Moritz Röntgen in größerem Umfange in die Praxis eingeführt hat. Röntgen

¹⁾ In Armengaud, Publ. industr., Bd. 9, S. 383, wird eine nom. 80pferdige Maschine dieser Bauart beschrieben und abgebildet. Hochdruckzylinder 450 mm Durchmesser, 1080 Hub. Niederdruckzylinder je 900 mm Durchmesser und 1350 Hub. Der mittlere Druck im Hochdruckzylinder betrug 1,89 kg/qcm, der in den Niederdruckzylindern 0,539 kg/qcm; die mittlere Kolbengeschwindigkeit im Hochdruckzylinder war bei 100 Umdrehungen in der Minute 3,6 m/sek, die der Niederdruckkolben bei 50 Umdrehungen 1,25 m, die Maschine soll 124 PS geleistet haben. Das Gewicht der Maschine ohne Kessel betrug 35 000 kg. Der Brennstoffverbrauch wurde zu 1,5 kg für die PS-Stunde angegeben.

hat nachweislich schon 1829 Zwillingmaschinen mit Kurbeln unter 90° in Verbundmaschinen umgebaut.¹⁾ Freilich ging es Röntgen ähnlich wie Woolf, seine Arbeiten waren fast wieder vergessen, ehe man im großen Maßstabe an die praktische Verwendung ging.

John Elder hat sich dann Ende der 50er Jahre um die Einführung der Verbundmaschine zunächst in den englischen Schiffsmaschinenbau die größten Verdienste erworben.

d) Die konstruktive Ausführung der Zweifach-Expansionsmaschine (Woolfsche Maschine).

Der äußeren Anordnung nach war die Balanciermaschine am weitesten verbreitet. Woolfsche Maschinen wurden fast stets mit Kondensation ausgeführt und der Balancier bot die beste Gelegenheit zum Pumpenantrieb. Die Zylinder wurden, wie es schon Woolf getan hatte, gewöhnlich nebeneinander in der Längsrichtung des Balanciers, der große Zylinder außen,

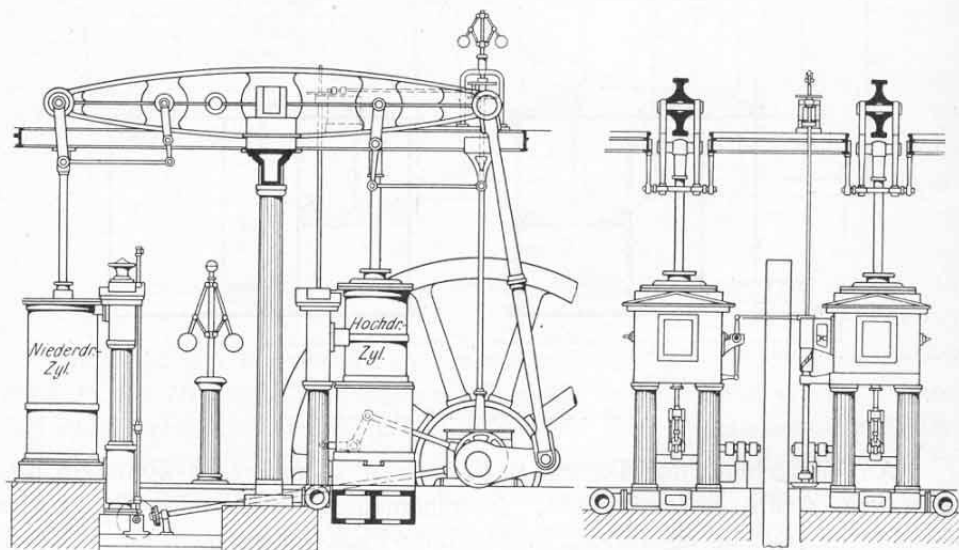


Fig. 217 und 218. Mc. Naughts Maschine 1845.

(Nach Rigg, Steam Engine, London 1878.)

angeordnet. Wesentlich seltener finden sich die Zylinder, wie bei Edwards quer zum Balancier nebeneinander, wobei sie gleichgroßen Hub erhielten. Man ordnete wohl auch an jedem Balancierende einen Zylinder an, doch der Nachteil der langen Überströmröhre war hierbei zu groß. Dagegen wurde beim Umbau von Einzylindermaschinen in Woolfsche be-

¹⁾ s. Ausführl. hierüber Z. d. V. d. Ing. 1893, S. 283.

sonders in England eine Anordnung vielfach benutzt, die von Mc. Naught 1845 (Pat. Nr. 11001) angegeben wurde. Hierbei stand der Niederdruckzylinder allein an einem Ende des Balanciers und der Hochdruckzylinder wurde zwischen Balancier, Ständer und Kurbel eingebaut.

Fig. 217 stellt eine Mc. Naughtsche „Patent Compound Beam engine“ dar. Zunächst nur für Umbauten verwendet, hat man später diese Bauart auch vielfach für neue Maschinen benutzt, da bei diesen Maschinen die Beanspruchung der Balancierachse und anderer Maschinenteile wesentlich günstiger wurde als bei gleichstarken Einzylindermaschinen. Die dargestellten Maschinen arbeiteten zuerst als Einzylindermaschinen mit 50 bis 60 Pfd./Qu.-Zoll (3,5 bis 4,2 kg-qcm) Überdruck. Einige Jahre später wurden zwei Hochdruckzylinder zwischen Kurbel und Balancierlager eingebaut, der Dampfdruck blieb der gleiche. Jeder der neuen Zylinder hatte 36 Zoll (914 mm) Durchmesser und 42 Zoll (1,07 m) Hub. Die Inhalte der Zylinder verhielten sich etwa wie 1:2,5. Der Hochdruckzylinder erhielt auch einen neuen Regulator, der, in der Höhe des Balanciers eingebaut, unter Benutzung eines Wendegetriebes eine unrunde Scheibe verstellen konnte. Von dieser aus war die Bewegung der Gitterschieber des Hochdruckzylinders abhängig.¹⁾

Neben der Balanciermaschine kommen auch alle anderen Formen vor: Bockmaschinen, schräg- und wagerechtliegende Maschinen; bei den letzteren liegen die Zylinder entweder „tandemartig“ hintereinander, bald der Hochdruckzylinder, bald der Niederdruckzylinder voran, oder sie sind als Zwillingmaschinen mit nebeneinander liegenden Zylindern ausgeführt. Bei kleineren Leistungen liegen die Zylinder unmittelbar neben- oder übereinander und ihre Kolben haben gemeinsamen Kreuzkopf. Die Kurbeln sind bei dieser Anordnung vielfach um 180° versetzt, um gegenläufige Kolben und damit kürzeste Überströmkanäle zu erhalten. Eine Zeitlang hielt man es auch für besonders vorteilhaft, die Zylinder ineinander anzuordnen. Gillmann, der sich 1837 diese Anordnung in England schützen ließ, hatte die Kühnheit, sogar drei Zylinder konzentrisch ineinander anzuordnen, und mit neun Kolbenstangen die Kraft auf den Balancier zu übertragen.

Auch in der Steuerung zeigen die ausgeführten Woolfschen Maschinen große Verschiedenheit. Woolf selbst hatte Ventile angewendet; bald wurden auch Schieber beim Hochdruckzylinder und Ventile beim Niederdruckzylinder benutzt. Um die Steuerung möglichst zu vereinfachen, suchte man mit nur einem Schieber für beide Zylinder auszukommen. Vom Übel waren dabei die großen schädlichen Räume, die man zu vermeiden suchte, indem man den Schieberspiegel tangential zu beiden Zylindern anordnete,

¹⁾ Der Umbau der Wattschen Einzylindermaschine von Mc. Naught in der angegebenen Weise erfolgte so vielfach, daß man sogar davon sprach, eine Maschine werde „Mc. naughted“. In den 70er Jahren wandte diese Anordnung auch Otto H. Mueller bei seiner Wasserwerkmaschine in Pest an.

oder sogar prismatische Schieber, die sich keilartig zwischen die Zylinder legten, verwendete.

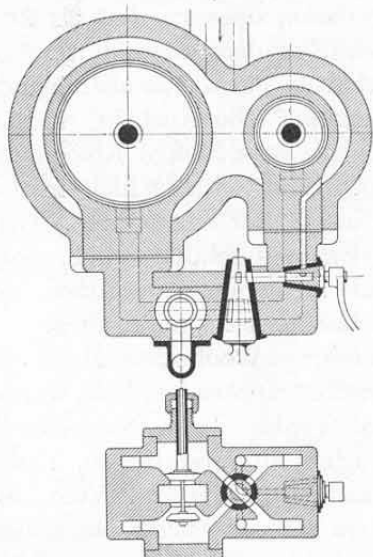
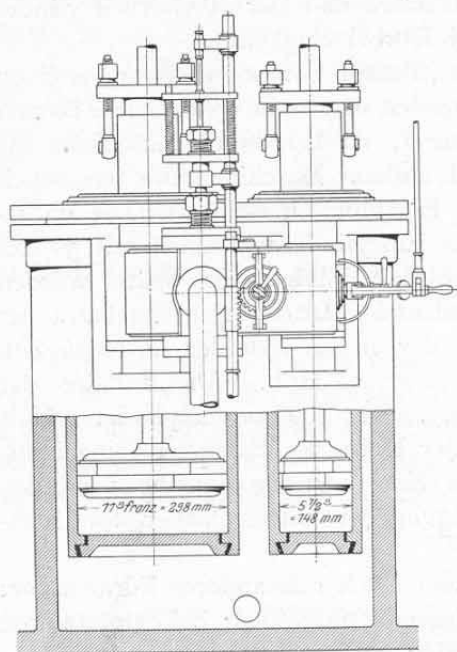


Fig. 219 bis 221.

Zweifach-Expansionsmaschine Edwards 1815.

Noch größer wurde die Verschiedenheit in der Steuerung, als man in den 40er Jahren allgemein daran ging, den Hochdruckzylinder mit Expansion arbeiten zu lassen. Alle damals bekannten Expansionssteuerungen, vor allem die Edwards-Farcotsche Schlepplchiebersteuerung und die Meyer-Steuerung wurden benutzt.

Beispiele für die konstruktive Ausführung der Woolfschen Maschinen geben die folgenden Abbildungen.

Die Fig. 219 u. 220 zeigen die Zylinder einer Edwardschen Zweizylindermaschine aus dem Jahre 1815.¹⁾ Der Dampf strömt in den beide Zylinder umgebenden Dampfmantel, von hier aus durch einen konischen Hahn mit zwei Öffnungen in den Hochdruckzylinder. Der Hahn wird durch ein Bogendreieck- und Zahnradsegment gesteuert. Nach der Arbeitsleistung im Hochdruckzylinder wird der Dampf durch zwei Tellerventile, die konzentrisch übereinander angeordnet sind, dem Niederdruckzylinder zugeführt. Die Ventile sind bereits durch Spiralfedern belastet und werden von Steuerstangen, die unten auf schwingenden Hebeln ruhen, ähnlich wie bei der Murdock'schen Anordnung bewegt. Der Regulator wirkt auf einen dem Steuerhahn vorgeschalteten Drosselhahn.

Die Zylinder zu einer Woolfschen Maschine englischer Bauart, aus den 30er Jahren, Fig. 222, zeigen eine bemerkenswerte Anwendung von Kolbenschieber mit innerer Einströmung.²⁾

¹⁾ s. *Bullet. d'Encour.*, Jahrg. 1818, enthält ausführliche Beschreibung und zwei Tafeln Zeichnungen; s. auch *Dinglers polyt. Journal*, Bd. I. und sehr ausführlich auch *Severin*, Beiträge, S. 301.

²⁾ s. *Tredgold*, *Steam Engine*, London 1838.

Die Steuerung einer Woolfschen Maschine von Nillus in Havre aus den 40er Jahren, bei der der sog. Hicksche Doppelschieber verwendet ist, zeigt Fig. 223. Hier sind beide Zylinder mit dem Dampfmantel aus einem Stück gegossen; der Dampf tritt in den Mantel ein und strömt von da in den für beide Zylinder gemeinsamen Schieberkasten. Diese Doppelschieber

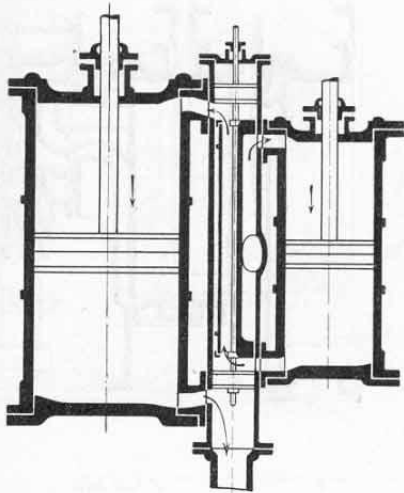


Fig. 222.

Zylinder zu einer Woolfschen Maschine
in England um 1830.

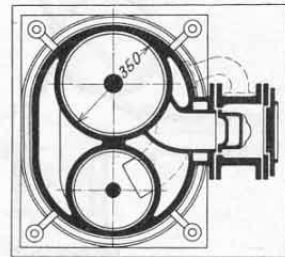
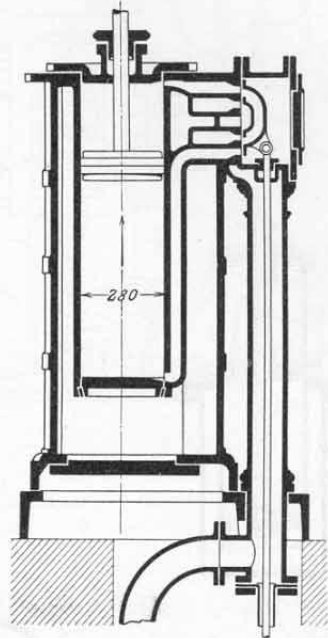


Fig. 223 und 224.

Zylinder zu einer Woolfschen Maschine
von Nillus in Havre um 1850.

(Nach Armengaud, Publ. ind., Bd. 7.)

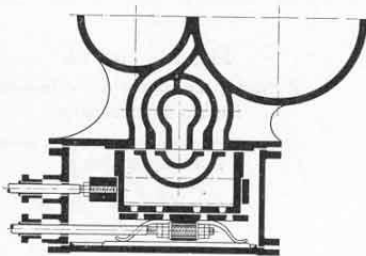


Fig. 225.

Zu einer Woolfschen Maschine von
G. Kuhn in Stuttgart um 1860.

(Nach Originalzeichnung.)

sind sehr häufig angewendet worden. Fig. 225 und 227 zeigen sie in Verbindung mit einem Expansionschieber bei zwei Woolfschen Maschinen von G. Kuhn in Stuttgart-Berg aus den Jahren 1860 und 1862. Bei der ersten Maschine ist noch der Schieber mit wagerechter Bewegungsrichtung am Fuß des Zylinders angeordnet; bei der zweiten befinden sich die Schieber oben und werden parallel zur Zylinderachse bewegt. Vielfach wurden zwei solcher Maschinen nebeneinander als gekuppelte Woolfsche Maschinen angeordnet.

Die Maschine, zu der die Fig. 226 bis 228 gehören, leistete bei 40 Umdrehungen in der Minute und 6 at Überdruck 60 PS. Die Steuerung gab $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Füllung im Hochdruckzylinder. Fig. 226 läßt auch die Bauart der Luftpumpe, die vom Kondensator umgeben ist, erkennen.

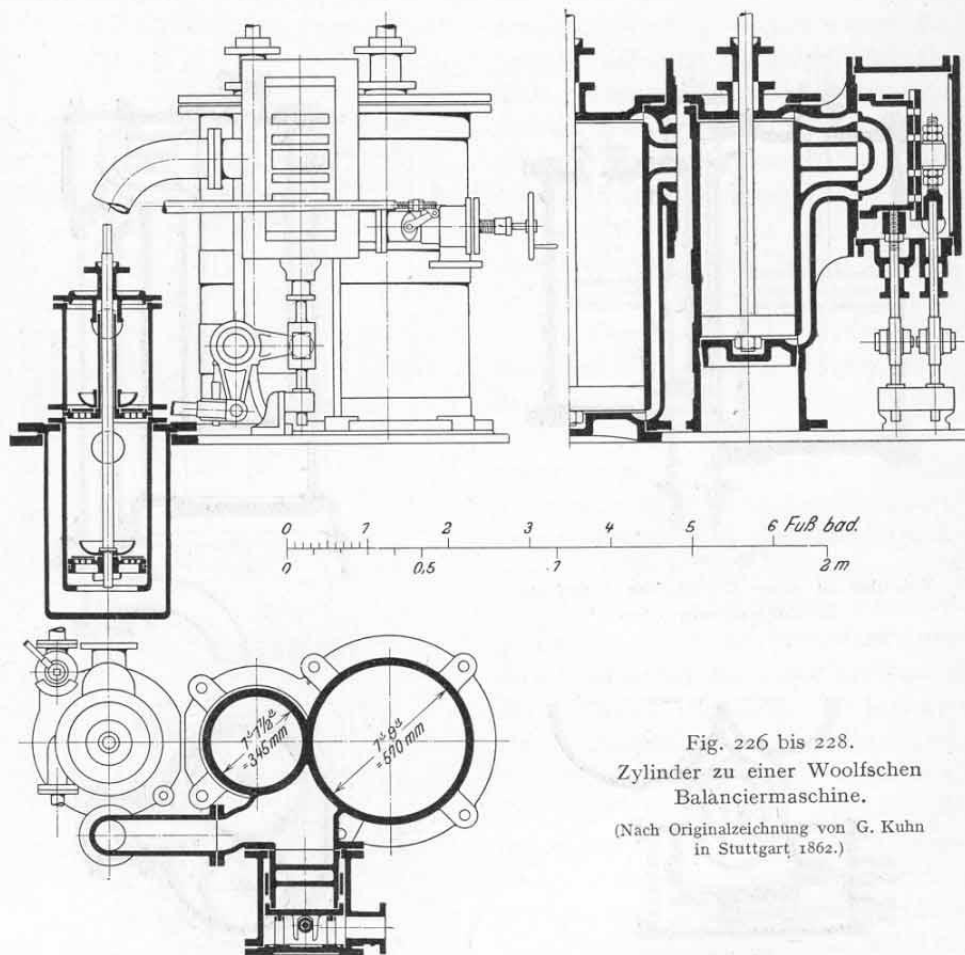


Fig. 226 bis 228.

Zylinder zu einer Woolfschen
Balanciermaschine.

(Nach Originalzeichnung von G. Kuhn
in Stuttgart 1862.)

Eine Farcotsche Anordnung, bei der der Hochdruckzylinder die bekannte Schlepplsteuerung und der Niederdruckzylinder Ventilsteuerung hat, zeigen die Fig. 229 bis 231. Die Zylinder sind in den Dampfmantel eingesetzt; auch der Deckel wird geheizt; die Konstruktion stammt aus dem Ende der 50er Jahre.

Interessant ist auch eine Ausführung von Mazeline, der den Schieber so zwischen die Zylinder einbaute, daß er, teilweise entlastet, kurze bequeme Überströmwege freigab, Fig. 234. Das gleiche suchte Mazeline¹⁾

¹⁾ s. Armengaud, Publ. industr., Bd. 7, Taf. 25.

durch den keilförmig zwischen den Zylindern eingebauten Schieber, Fig. 232 und 233, zu erreichen.

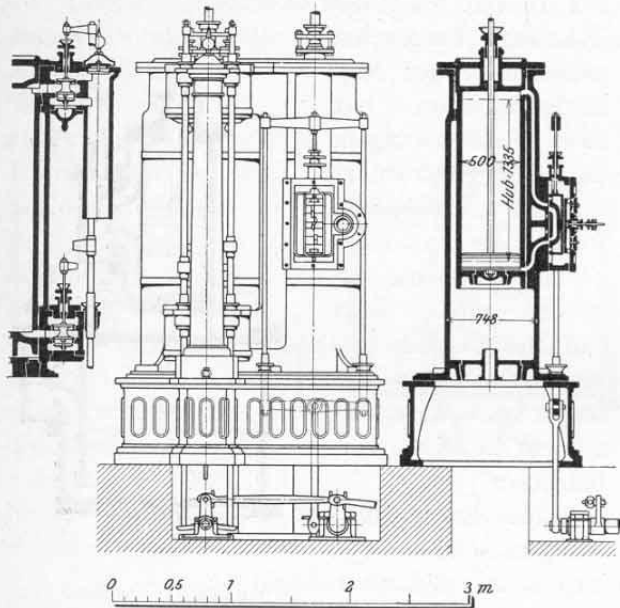


Fig. 229 bis 231.

Zylinder zu einer Woolfschen Maschine von Farcot 1860.
(Nach Armengaud, Des moteurs à vapeur, Paris 1861.)

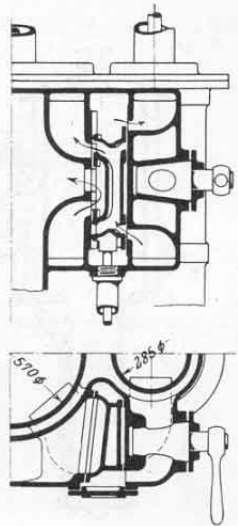


Fig. 232 und 233.
Keilschieber zu einer
Woolfschen Maschine
von Mazeline
(50er Jahre).

Eine Anordnung, bei der beide Zylinder besondere Schieber für die Dampfverteilung haben, zeigt Fig. 235.

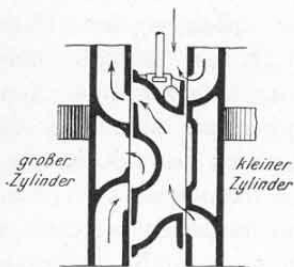


Fig. 234.

Schieber zu einer Woolf-
schen Maschine von Ma-
zeline um 1850.

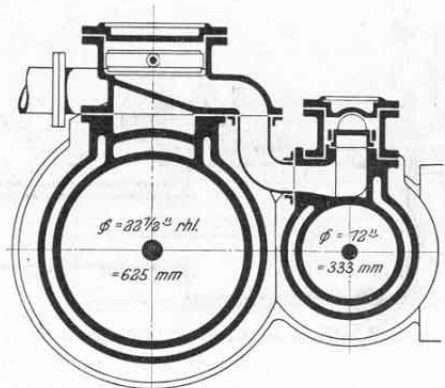


Fig. 235. Schnitt durch den Zylinder einer
Woolfschen Maschine.

Woolfsche Maschinen, bei denen die Zylinder nicht neben-, sondern übereinander angeordnet sind, zeigen zwei französische Konstruktionen, Fig. 236 und 237, die aus den 50er Jahren stammen und mehrfach ausgeführt worden sind.

Bei der ersten Bauart steht der Niederdruckzylinder über dem Hochdruckzylinder, und nur ein Schieber dient zur Dampfverteilung. Bei der zweiten Bauart sind die

Zylinder umgekehrt angeordnet, der Niederdruckkolben hat zwei Kolbenstangen, die den Hochdruckzylinder einschließen, sodaß die innenliegende Stopfbüchse vermieden wird. Zwei einfache Muschelschieber, von einem Exzenter aus bewegt, vermitteln die Dampfverteilung.¹⁾

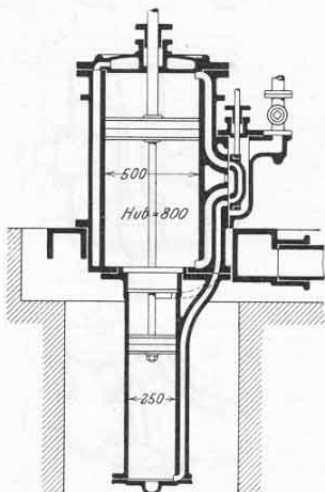


Fig. 236.

Woolfsche Maschine von Alexander (50er Jahre).

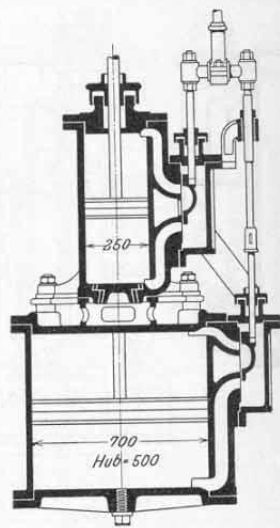


Fig. 237.

Woolfsche Maschine von Scribe (50er Jahre).

Eine Expansionsdampfmaschine mit liegenden Zylindern von J. Sims aus Redruth zeigt Fig. 238.

Die Zylinder sind aus einem Stück gegossen und liegen auf einem hohen durchbrochenen gußeisernen Gestell. Ein auf dem Niederdruckzylinder angebrachter Muschelschieber hat den Dampf in den Hochdruckzylinder und von da in den Niederdruckzylinder zu lassen.

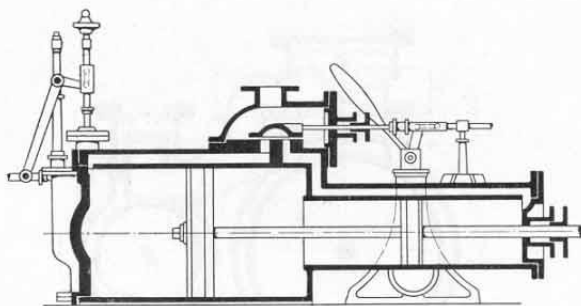


Fig. 238. Sims-Maschine Ende der 40er Jahre.

Aus dem Niederdruckzylinder gelangt der Dampf durch ein seitlich neben ihm angeordnetes Ventil und durch eine unter dem Zylinder liegende Röhre in den Kondensator. Ventil und Schieber werden von einer besonderen Steuerwelle, die von dem Exzenter in der üblichen Weise betätigt wird, bewegt. Der Raum zwischen den beiden Kolben ist dauernd mit dem Kondensator verbunden. Das Volumenverhältnis der Zylinder ist 1:4. Bei größeren Abmessungen der Maschine waren die beiden Zylinder gegeneinander verschraubt. Die Sims-Maschine hatte sich, weil ihr hohe Brennstoffersparnis und vor allem große

¹⁾ s. Armengaud, Des moteurs à vapeur, Paris 1861.

Gleichmäßigkeit des Ganges nachgerühmt wurde, besonders in der Textilindustrie ziemlich verbreitet.¹⁾

Liegende Woolfsche Maschinen, bei denen ebenfalls die Zylinder hintereinander, und zwar der Hochdruckzylinder vorn, angeordnet waren, wurden um 1860 vielfach von Wöhlert in Berlin ausgeführt, Fig. 239. Die Schieber liegen auf den Zylindern; der Hochdruckzylinder hat Meyer-Steuerung. Auch hier ist die innere Stopfbüchse vermieden; der Niederdruckzylinder hat 2 den Hochdruckzylinder umfassende Kolbenstangen.

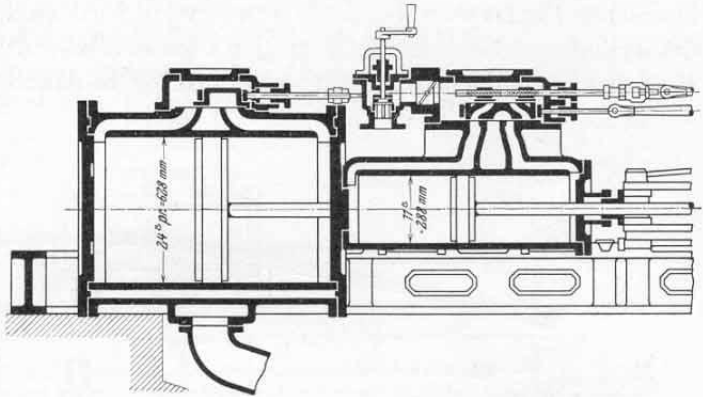


Fig. 239. Woolfsche Maschine von Wöhlert-Berlin um 1860.

Eine liegende Maschine mit unmittelbar nebeneinander angeordneten Zylindern, die auf ein Querhaupt wirken, von dem mit einer Schubstange die Kraft auf die Kurbel übertragen wird, ist in Fig. 240 abgebildet. Bei größeren Maschinen waren auch vielfach die Kolben gegenläufig und die Maschine glich in allen Einzelteilen zwei selbstständigen nebeneinander gerückten Einzylindermaschinen.

Eine liegende Maschine mit gleichlaufenden Kolben, wie sie um 1860 von Schichau gebaut wurde, zeigen die Fig. 241 bis 243. Die Schieber liegen auf den Zylindern; zwischen ihnen, mit demselben Querhaupte unmittelbar verbunden, sind Luftpumpe und Speisepumpe eingebaut. Die zweigleisige Geradföhrung entspricht der bei Lokomotiven üblichen Anordnung.

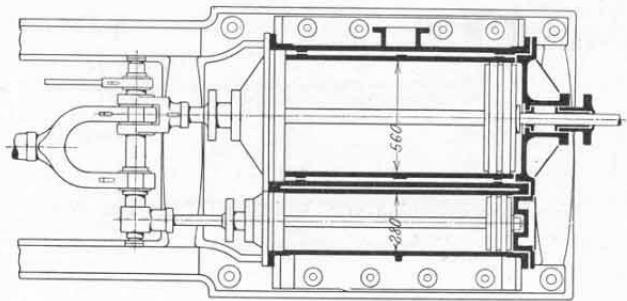


Fig. 240. Woolfsche Maschine von Hartmann-Chemnitz um 1855.

(Nach Originalzeichnung.)

Eine liegende Woolfsche Maschine aus den 50er Jahren von 40 bis 50 PS

¹⁾ s. The pract. mech. Journal 1849, July, p. 80, und Polyt. Zentralbl. 1851, S. 7, ferner Weisbach 1851, Teil II, S. 653. Sehr große Sims-Maschinen mit ineinander angeordneten Zylindern s. S. 523.

(Zylinderdurchmesser 650 und 408 mm, Hub 1200 mm) mit Ventilsteuerung zeigen die Fig. 244 bis 246. 6 Ventile, die zur Dampfverteilung für beide Zylinder dienen, sind hier in einer Reihe parallel zum Niederdruckzylinder angeordnet. Durch eine von der Kurbelwelle aus angetriebene Steuerwelle werden mit Hilfe unrunder Scheiben die Ventile bewegt. Der Dampf gelangt durch ein Drosselventil, das vom Regulator aus verstellbar ist, zu den beiden in der Mitte des Zylinders nebeneinander liegenden Dampf-einlaßventilen und von da in den Hochdruckzylinder, strömt von hier aus durch die daneben liegenden Ventile in

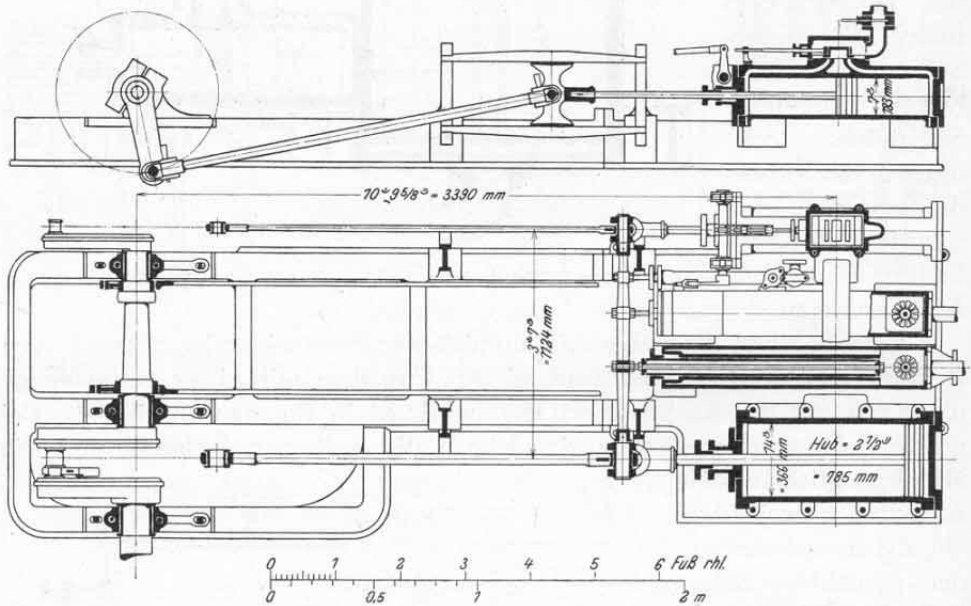
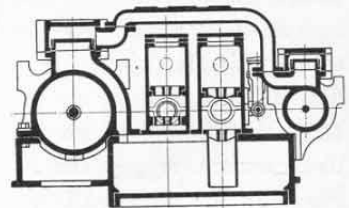


Fig. 241 bis 243.

Woolfsche Maschine von Schichau-Elbing um 1860.

(Nach Originalzeichnung.)



den Niederdruckzylinder und von hier durch die ganz außen liegenden Ventile zum Kondensator. Die Ventile werden durch das Gewicht der äußeren Steuerungsteile geschlossen. Bei den Einlaßventilen wurden häufig noch besondere schwere Gewichte in Form von gußeisernen Kugeln über der Ventilstange angebracht. Der unrunder Nocken, der die Dampf-einlaßventile des Hochdruckzylinders zu bewegen hat, kann von Hand aus verstellbar sein. Es lag nahe und es wurde auch frühzeitig ausgeführt, ihn ebenso, wie es bei der Meyerschen Expansionssteuerung geschah, unmittelbar vom Regulator aus verschieben zu lassen.

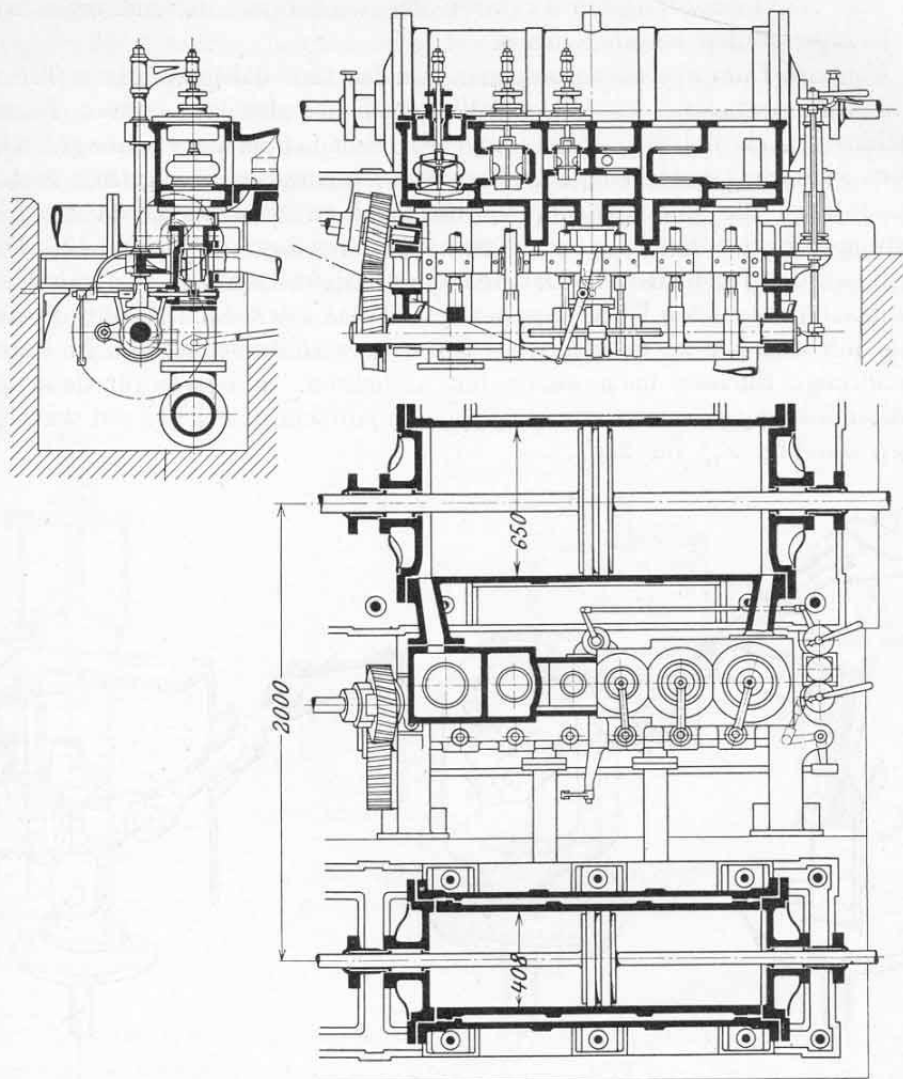


Fig. 244 bis 246.

Woolfsche Maschine mit Ventilsteuerung von Hartmann-Chemnitz Ende der 50er Jahre.

(Nach Originalzeichnung.)

4. Die Entwicklung der Steuerung und Regulierung.

a) Die Dampfverteilungsorgane.

Besonders rege war von jeher die Tätigkeit der Erfinder und Konstrukteure auf dem Gebiete der selbsttätigen Steuerung. Die Aufgabe, den Dampf der Arbeitsweise der Maschine entsprechend zu verteilen, ließ sich

mit den verschiedenartigsten Organen, die wieder auf die mannigfachste Art bewegt werden konnten, lösen.

Von den Dampfverteilungsorganen war bis 1800 das gewöhnliche Teller-ventil vorherrschend. Es hatte vollkommen die bei den ersten Feuer-
maschinen noch üblichen Hähne und die Scheibenplatte verdrängt. Die
äußere Steuerung hatte einige Änderungen aufzuweisen. Ängstlich suchte
man anfangs die durchgehende Ventilspindel zu vermeiden, da die Ab-
dichtung mit Stopfbüchsen noch sehr viel zu wünschen übrig ließ. Das
Ventil wurde durch Hebel, Daumen oder Zahnradsegment von einer im
Ventilkasten liegenden Welle aus bewegt. Diese kurze Steuerwelle, die nur
wenig hin und her zu drehen war, ließ sich verhältnismäßig leicht durch
kegelförmige Büchsen nach außen hin abdichten. Beispiele für derartige
Ventilanordnungen, wie sie etwa von 1790 an jahrzehntelang benutzt wurden,
zeigen die Fig. 247 bis 249.

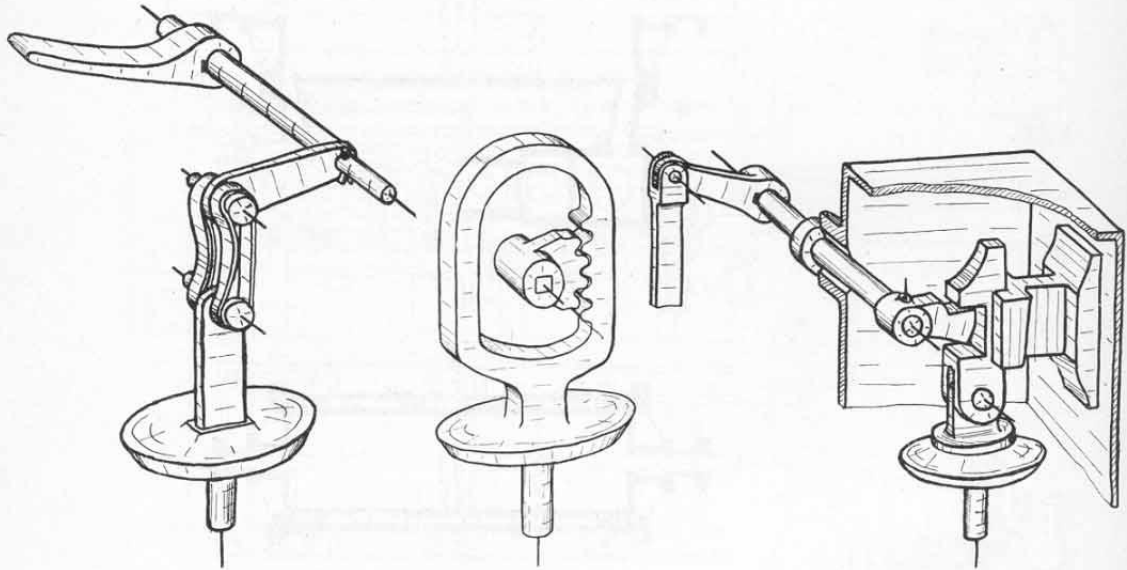


Fig. 247.

Fig. 248.

Fig. 249.

Ventilantriebe um 1800.

Das Teller-ventil war nicht vom Dampfdruck entlastet; das war ein
Nachteil, der sich auch bei der Niederdruckmaschine sehr fühlbar machte,
sobald es sich um größere Ausführungen handelte. Die Anordnung, den
Dampf von unten gegen das Ventil wirken zu lassen, um dadurch schnelleres
Öffnen zu erreichen, hatte man bald wieder aufgegeben, weil es zu schwer
war, das Ventil dicht zu halten. Ließ man den Dampf von oben durch
das Ventil strömen, so war das Anheben des Ventils sehr erschwert.

Die Frage der Druckentlastung suchte Watt durch einen an der Ventil-
spindel angebrachten kleinen Kolben zu lösen. Der Raum über dem Kolben

war mit dem Raum unter dem Ventil durch eine kurze Umlauföhre zum Zwecke des Druckausgleiches beim Niedergang verbunden, Fig. 250.¹⁾

In vorbildlicher Weise löste Hornblower die Aufgabe der Druckentlastung; während bisher der Teller vom Ventilsitz abgehoben wurde, hob Hornblower gleichsam den Ventilsitz vom feststehenden Teller ab Fig. 251. Das Ventil wurde zu einem Rohr mit zwei Sitzflächen. Der obere Sitz wurde auch durch Kolbenführung ersetzt, Fig. 252 und 253, wodurch der einzige Zweck der Druckenlastung noch stärker hervortritt. Die doppelte Einströmung war bei den kleinen Abmessungen der damaligen Maschinen noch kein Bedürfnis. Erst Woolf änderte dieses Hornblowersche Rohrventil zu dem nach ihm benannten Woolfschen Glockenventil um, Fig. 254 und 255, das

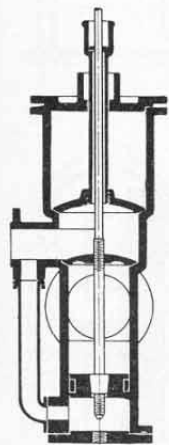


Fig. 250.

Ventil von Watt
mit Entlastungs-
kolben um 1800.

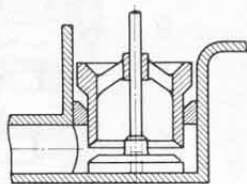


Fig. 251.

Hornblowers Rohrventile vor 1800.

(Nach Tredgold, Steam Engine.)

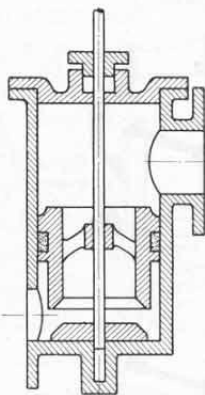


Fig. 252.

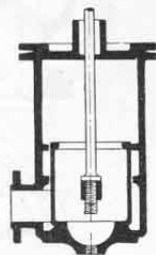


Fig. 253.

Rohrventil um
1800.

vor allem bei Wasserhaltungsmaschinen und Fördermaschinen mit Vorliebe angewendet wurde. Bodmer und Brown gaben dem Hornblowerschen Ventil doppelte Einströmung und schufen so das heute ganz allgemein angewandte doppeltsitzige Rohrventil.

Neben Glocken- und Rohrventil bildete sich auch ein entlastetes doppeltsitziges Tellerventil aus, bei dem der Dampf zwischen den beiden Ventilsitzen einströmte. Eine französische Ausführung dieser Ventile, die auch bei den amerikanischen Balancierschiffsmaschinen sich findet, zeigt Fig. 256.

Neben den abhebenden Dampfverteilungsorganen, den Ventilen, gewann von 1800 ab vor allem das gleitende, über der Öffnung sich hin- und herbewegende Dampfverteilungsorgan, der Schieber, eine immer größere

¹⁾ s. Farey, Steam engine; auch Grouvelle, Dampfmaschinen-Atlas, Taf. 15. Paris 1824.

Bedeutung. Die Schiebersteuerung bedeutete eine sehr wesentliche Vereinfachung gegenüber den sehr verwickelten alten Ventilsteuerungen.

Es ist bezeichnend, daß es Murdock, dem Betriebsingenieur der Watt'schen Firma, der vorher jahrzehntelang auch die Dampfmaschinen in Cornwall aufzustellen hatte, zuerst gelang, das Bedürfnis nach einer einfachen Steuerung zu befriedigen. 1799 führte er den D-Schieber ein.

In einer Ausführung vom Jahre 1802 zeigt ihn Fig. 257 und 258. Der Schieber war gleichsam eine bewegliche Auspuffröhre, die der eintretende Dampf umspülte und so für möglichste Druckentlastung sorgte; die Abdichtung geschah durch einen in den Schieber eingelegten Hanfzopf. Einen geteilten D-Schieber, dessen Abdichtung von außen nach-

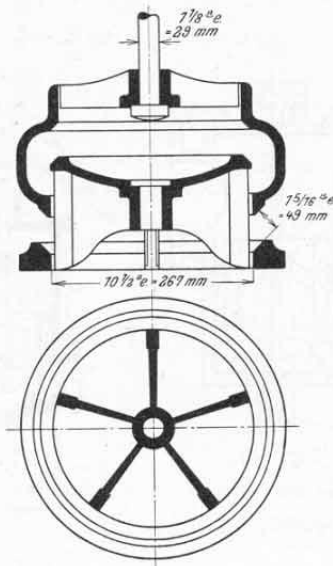


Fig. 254 und 255.

Woolfsches Glockenventil um 1830.

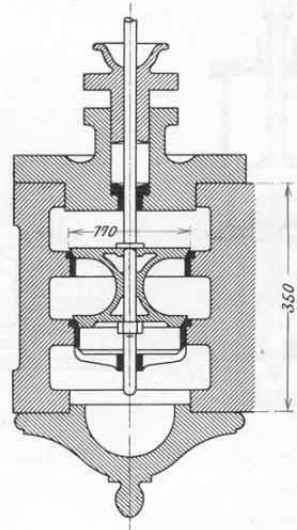


Fig. 256.

Doppelsitzventil um 1840.

gestellt werden konnte, zeigt Fig. 259. Das Schiebergewicht ist hier durch ein am Bewegungshebel angebrachtes Gegengewicht ausgeglichen. Murdock schlug auch vor, dem Schieber kreisförmigen Querschnitt zu geben und ihn zu drehen. Dieser zylindrische Drehschieber wurde aber erst wesentlich später angewendet. Watt war anfangs, wie er selbst erzählte, sehr gegen den Schieber eingenommen, da er mit ihm nicht eine gleich günstige Dampfverteilung zu erreichen vermochte, wie mit seiner Ventilsteuerung. Nur die große Einfachheit söhnte ihn schließlich mit der neuen Steuerung aus.

Matthew Murray schlug einen anderen Weg ein; auch er wollte die vier bisher notwendigen Ventile durch ein einziges Organ ersetzen. Er ließ die vier Rohrleitungen, von denen die eine zum Kessel, die andere zum Kondensator, die beiden anderen über und unter den Kolben führten, in

eine ebene Platte münden, überdeckte diese mit einer zweiten, durch die äußere Steuerung beweglichen Platte, die so mit Vertiefungen versehen war, daß sie, entsprechend verschoben, die vier Rohrenden in der gewünschten Weise abwechselnd miteinander in Verbindung brachte.

Die drei ersten Ausführungsformen dieser Murrayschen Schieber (Patent Nr. 2632) aus dem Jahre 1802 zeigen die Fig. 259 bis 264. Bei einfachwirkenden Maschinen waren entsprechend nur drei Öffnungen in dem festen Schieberspiegel und eine Höhlung in dem beweglichen Teil nötig. Solche Schieber ließen sich auch für doppelt wirkende Maschinen anwenden, wenn man den Schieber in einen Kasten dampfdicht einschloß und den Dampf von außen ein-

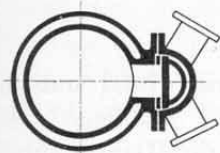
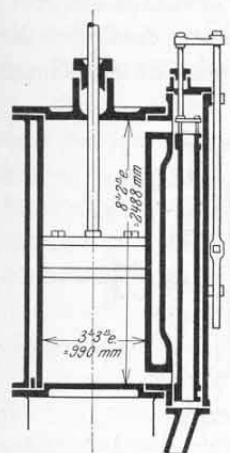


Fig. 257 und 258.
Murlocks D-Schieber
1802.

treten ließ. So entstand das verbreitetste Dampfverteilungsorgan, der sogenannte einfache Muschelschieber.¹⁾

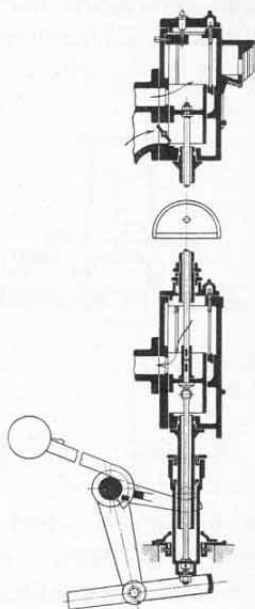


Fig. 259. Geteilter
D-Schieber um 1850.

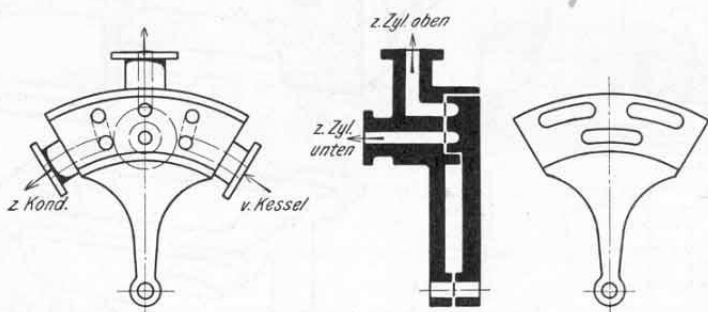


Fig. 260 bis 262. Murraysche Schieber 1802 (Patent Nr. 2632).

¹⁾ Die Bezeichnung „Ventil“ galt zuerst für alle Dampfverteilungsorgane, man sprach sowohl von Hahnventilen, als auch von Scheibenventilen. Für den gewöhnlichen Schieber findet sich noch der Ausdruck Schublade oder Schieblade und Froschventil. Später erst führte sich der heute übliche Ausdruck Muschelschieber ein. Man verglich auch die Wirkung des Schiebers für die Maschine mit der des Herzens für den Menschen und bezeichnete ihn dementsprechend als „Herzkammer“.

Einen Muschelschieber, wie er bei den ersten deutschen Maschinen in Oberschlesien vorkam, zeigen nach alter Originalzeichnung die Fig. 265 bis 269. Der Schieber ist aus Rotguß und gleitet auf einem ebenfalls aus Rotguß gefertigten Schieberspiegel. Eine Hubbegrenzung bieten Ansätze, die auf zwei schmiedeeisernen Schienen seitlich angebracht sind. Entsprechend

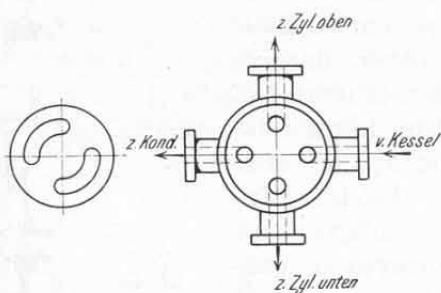


Fig. 263.

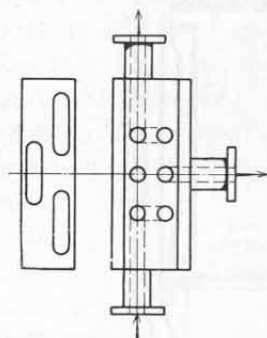


Fig. 264.

Murraysche Schieber 1802 (Patent Nr. 2632).

ausgebildete Schieberlappen gestatten, den Schieber mit Hand auf die schrägen Flächen zu schieben und dadurch vom Spiegel abzuheben; das geschah beim Anlassen, um die ganze Maschine bequem mit Dampf durchblasen zu können. Zur Bewegung des Schiebers dient der als Zahnstange ausgebildete Rücken, in den ein ebenfalls im Schieberkasten liegendes Zahnradsegment eingreift.

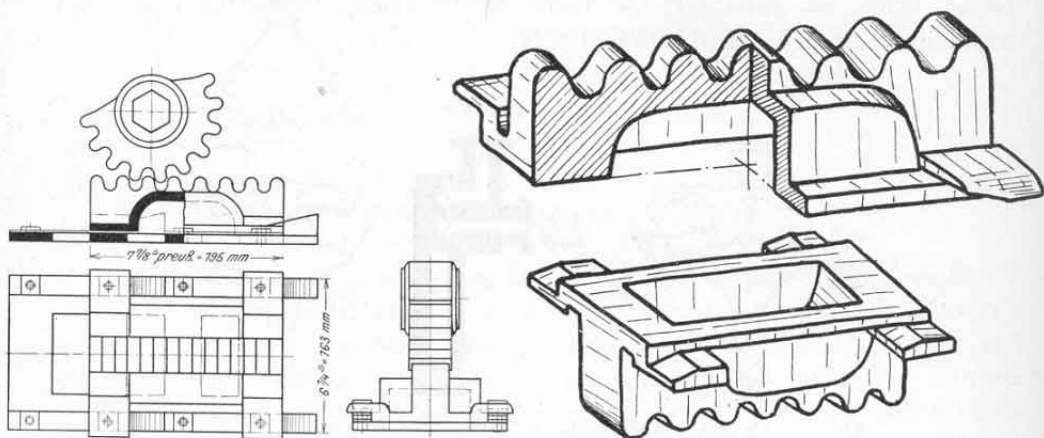


Fig. 265 bis 269. Muschelschieber um 1810.

(Nach Originalzeichnung des Königl. Oberbergamtes Breslau.)

Der Hauptvorteil des Schiebers lag in seiner großen Einfachheit. Statt der vier Ventile besorgte hier ein einziges Organ die Dampfverteilung. Ein Nachteil lag in dem großen Reibungswiderstand; man suchte deshalb schon früh nach Entlastungsvorrichtungen. So gab man, wie schon er-

wähnt, dem Murdock'schen Schieber innere Einströmung, oder man ließ den Schieber in einer ihn ganz umfassenden Büchse arbeiten. Diese Schieberentlastung durch Gegenplatte ist später bei amerikanischen Schnellläufern vielfach benutzt worden, wird auch heute noch, selbst bei größten Schiffsmaschinen, verwendet.

Eine andere Schieberentlastung rührt von Cavé her, Fig. 270. Über dem Schieber ist hier ein besonderer Entlastungskolben angeordnet. Auch Bodmer und später Worthington haben mit Vorliebe diese Schieberentlastung ausgeführt. Man wandte wohl auch beim einfachen Schieber innere Einströmung an und ließ ihn durch den äußeren Luftdruck, den man durch außen angebrachte Federn unterstützte, anpressen.

Eine Schieberentlastung ließ sich auch erreichen, wenn man den Schieber mit seinem Rücken gegen den Schieberkastendeckel abdichtete, es dem Dampf also unmöglich machte, auf den Schieber zu drücken. Diese Methode wurde in den verschiedensten Ausführungen am häufigsten angewandt. Dieses Abdichten des Schiebers gegen den Schieberkastendeckel war unbedingt notwendig, wenn man den Dampf, um einen dritten Kanal am Zylinder zu sparen, durch den Schieber und Schieberkastendeckel auspuffen ließ. Eine Anordnung, die sich 1851 Hubert Desgrange in Frankreich schützen ließ, zeigt Fig. 271.¹⁾ Neben der hierdurch erreichten Schieberentlastung hatte man den Vorteil eines einfacheren Zylindergußstückes.

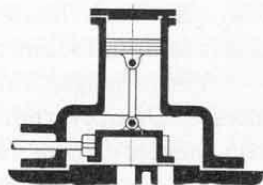


Fig. 270.
Schiebersteuerung von Cavé
um 1840.

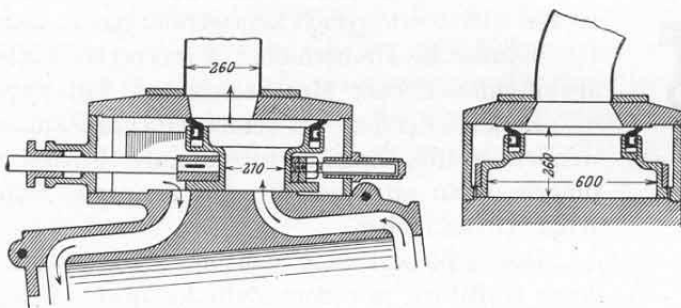


Fig. 271 und 272. Schieber von H. Desgrange 1851.

Der Wunsch, kurze Dampfkanäle zu erhalten und den schädlichen Raum zu verringern, führte auch dazu, den Schieber zu teilen und ihn an den beiden Enden des Zylinders anzuordnen. Dabei wurden entweder beide Teile des Schiebers durch einen Schieberkasten umschlossen, oder es wurden auch zwei miteinander verbundene Schieberkasten angewendet.

¹⁾ s. Armengaud, Publ. industr., Bd. 8, S. 18. Die gleiche Anordnung des Schiebers findet sich zu der Zeit auch bei Schiffsmaschinen und Lokomotiven verwendet, Engerth führte sie z. B. bei der Semmering-Lokomotive in den 50er Jahren aus.

Sehr verschieden war auch der Angriff der Schieberstange an dem Schieber ausgebildet. Frühzeitig erkannte man, daß der Schieber auch senkrecht zum Schieberspiegel sich etwas muß bewegen können, damit auch nach geschehener Abnutzung der Dampfdruck imstande ist, den Schieber dicht auf die Gleitfläche zu pressen. Diese Forderung hob Wright 1818 in seinem Patent zuerst besonders hervor. Er ließ die Schieberstange an einen den Schieber umschließenden Rahmen angreifen; eine Konstruktion, die auch heute noch zu den besten zählt und z. B. bei den Lokomotivdampfmaschinen sich vielfach findet.

Viel weniger Freunde als der Schieber konnte sich der Hahn, das älteste Dampfverteilungsorgan, auf die Dauer erhalten. Immer wieder von neuem wurde er versucht und stets scheiterte seine allgemeine Einführung an der geringen Haltbarkeit und der schwierigen Instandhaltung. Die Hähne nutzten sich zu schnell ab und waren dauernd nicht dicht zu erhalten. Trotzdem wurde Hahnsteuerung bei kleineren Maschinen wiederholt angewendet, so bei den Trevithickschen Hochdruckmaschinen, bei den Cavéschen oszillierenden Maschinen. Auch Freund-Berlin wandte bei seinen ersten Maschinen nur Hähne an.

Eine vorzüglich durchgeführte Hahnkonstruktion gab Bramah an. Hier konnte der Dampf den Hahn in Richtung seiner Drehachse nur mit einem geringen Druck festpressen. Maudslay verbesserte diese Hahnentlastung noch weiter und wandte sie anfangs ausschließlich bei seinen Tischmaschinen an. Aber auch hier wurde der Hahn zugunsten des einfachen Flachsschiebers später aufgegeben.

Ebensowenig konnte zunächst der Drehschieber, den Evans zuerst erfolgreich angewendet hatte, sich einführen. Der Evanssche Drehschieber war vorerst nichts anderes, als ein umlaufender Muschelschieber, Fig. 273.

Perkins, der ihn bei seinen Hochdruckmaschinen verwenden wollte, brachte interessante Entlastungsvorrichtungen daran an; auch Freund benutzte frühzeitig derartige Drehschieber.

Der Schieberkasten wurde anfangs stets als besonderes Gußstück mit dem Zylinder durch Schrauben verbunden. Auch die Dampfkanäle wurden noch vielfach als besondere Rohre oder flache Kästen ausgebildet und mit entsprechenden Verbindungsstutzen an Boden und Deckel des Zylinders angeschlossen, ganz ähnlich wie man es von der Ventilmaschine her gewohnt war. Sobald die Gießerei weiter fortgeschritten war, begann man dann nacheinander zuerst die Kanäle, dann, wenigstens bei kleineren Maschinen, auch den Schieberkasten mit dem Zylinder in einem Stück zu gießen. Man lernte es weiter, auch Zylinder mit Dampfmantel aus einem Stück herzustellen — eine Leistung der Gießerei, die zuerst Murdock 1802 erreicht hatte. So wurden die Dampfzylinder der Schiebermaschinen im Verhältnis zu den der alten Ventil-

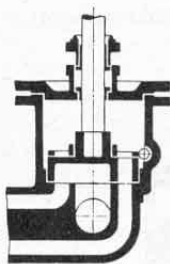


Fig. 273.
Drehschieber.

maschinen, die nichts weiter als ein oben und unten offenes Rohr dargestellt hatten, bald zu sehr verwickelten Gußstücken.

b) Übersicht über die äußere Steuerung.

Die Bewegung der Dampfverteilungsorgane wurde bei den ersten Maschinen, die Hubmaschinen ohne Drehbewegung waren, von der auf- und niedergehenden Bewegung des Balanciers, von dem Steuerbaum, abgeleitet. Trotz der vielen Hebel, Wellen, Knaggen usw. war die Steuerung in ihrer Dampfverteilung sehr einfach und übersichtlich, weil die vier Ventile die einzelnen Dampfverteilungsperioden voneinander unabhängig machten. Die Steuerung ließ sich durch einfaches Verschieben des Anschlagnockens einstellen.

Bei den Maschinen mit Drehbewegung kam man bald dazu, von der umlaufenden Hauptwelle die Steuerungsbewegung abzuleiten.

Murdock führte 1799 das Kreisexzenter¹⁾ ein, das nichts anderes als eine Kurbel mit sehr großem Kurbelzapfen darstellt und noch heute zu den verbreitetsten Maschinenteilen gehört.

Murdock suchte auch das durch die Exzenterbewegung verursachte schleichende Öffnen und Schließen des Schiebers zu vermeiden, indem er zwischen Exzensterstange und Schieberstange so viel toten Gang brachte, daß er ein ruckweises schnelles Schließen erhielt. Zu dem gleichen Zweck wandte man auch lange Zeit mit großer Vorliebe statt eines Kreisexzenters ein Bogendreieck an, wie es Murray schon 1802 bei seinen Ventilmaschinen gebraucht hatte. Daneben kamen auch die verschiedenartigst gestalteten Kurvenscheiben vor, die gewöhnlich auf mit Rollen ausgestattete Hebelenden wirkten, von denen aus die Dampfverteilungsorgane bewegt wurden. Oft wurde eine besondere Steuerwelle, die durch Zahnradgetriebe von der Kurbelwelle aus ihren Antrieb erhielt, dazwischen geschaltet.

c) Übersicht über die Expansionssteuerung.

Besonders vielseitig wurde die Steuerung, seit man nicht mehr mit der einfachen Dampfverteilung zufrieden war, sondern auch den Dampfabschluß innerhalb eines Hubes beliebig verändern wollte. Die Aufgabe der veränderlichen Füllung, die zuerst von Hand, später auch durch die Maschine selbst eingestellt werden sollte, führte zu außerordentlich verschiedenen Lösungen.

Bei den Wattischen Ventilmaschinen ließ sich, dank der Unabhängigkeit der einzelnen Ventile voneinander, leicht die Steuerung so einstellen, daß das Dampfleinlaßventil schon vor dem Ende des Kolbenhubes schloß.

¹⁾ s. Farey, Steam engine, S. 694.

Anders lag der Fall beim Schieber, wenn man nicht, wie Seaward 1834 es tat, die vier Ventile einfach durch vier Schieber ersetzte.

Die ersten Muschelschieber hatte man meistens ganz ohne jede Überdeckung ausgeführt; nur mit Rücksicht auf besseres Dichthalten hatte man sehr geringe Überdeckungen eingeführt und dann auch herausgefunden, daß damit bis zu einer gewissen Grenze Expansion zu erreichen war. Freilich mußte man auch Kompression mit in Kauf nehmen, die man anfangs möglichst zu vermeiden suchte.

War man mit der durch die Schieberüberdeckung erreichbaren Expansion nicht zufrieden, so blieb nichts anderes übrig, als ein zweites besonderes Abschlußorgan vor dem Schieber anzuordnen, das natürlich wieder als Ventil, Schieber, Hahn oder Klappe ausgebildet werden konnte.

Bald kam man dazu, auch zwei Schieber unmittelbar aufeinander gleiten zu lassen. Hier gewannen zwei Gruppen, die kraftschlüssige Schlepptsteuerung und die zwangsläufige Meyersteuerung, in ihren verschiedenartigsten Ausführungen die weiteste Verbreitung.

Über die ungeheure Mannigfaltigkeit, mit der sich die verschiedensten Steuerorgane mit den verschiedenen Antriebsarten vereinigen ließen, gibt das Kapitel Steuerung in den Patentschriften der verschiedensten Länder Auskunft. Der Reichtum an neuen Steuerungen ist geradezu verwirrend. Frankreich, England, Deutschland und Amerika wetteiferten miteinander, auf diesem Gebiete nichts unversucht zu lassen. Die Sucht nach neuen, womöglich patentierten Steuerungen hat häufig die Aufmerksamkeit von der ebenso wichtigen konstruktiven Ausbildung anderer Teile abgelenkt und insofern zeitweise mehr geschadet als genützt. Auch hier verminderte der Kampf ums Dasein die Zahl der Arten. Nur die Ausführung, die nach der einen oder anderen Richtung hin besondere Vorteile bot, konnte sich halten; das vollkommen Unbrauchbare verschwand.

Es ist unmöglich, auch nur annähernd vollständig über alle die ausgeführten, geschweige denn über die aus den Patentschriften nicht hinausgekommenen Steuerungen hier zu berichten. Nur auf eine kleine Zahl der bis 1860 verbreitetsten Steuerungen, soweit sie für die allgemeine Entwicklung der Betriebsmaschine besonders bemerkenswert sind, kann hier an Hand der folgenden Abbildungen näher eingegangen werden. Die nächsten Abschnitte über Pumpmaschinen, vor allem auch über Schiffsmaschine und Lokomotiven, werden weitere Beispiele für die mannigfache Verschiedenheit der Steuerungen geben.

d) Beispiele für die konstruktive Ausführung der Steuerung.

Ventilsteuerungen.

Die Ventilsteuerung, wie sie Watt hinterlassen hatte (Fig. 120 S. 367), wurde zunächst von Murdock weiter ausgebildet, Fig. 274. Hier wurde

die untenliegende Steuerwelle von der Kurbelwelle aus durch einen Exzenter hin- und hergedreht, wobei auf ihr festsitzende Mitnehmer abwechselnd die Hebel, die mit den Ventilspindeln durch Stangen verbunden waren, nieder drückten und so die Ventile öffneten. Gewichte, die auf das andere Hebelende wirkten, schlossen die Ventile.¹⁾ Die Ventile waren übereinander mit durchgehender Ventilspindel angeordnet, ein Zeichen, daß die Sohoer Fabrik sich schon an schwierige Werkstattarbeit heranwagte.

Vielfach wurde auch die Ventilspindel durch ein Querhaupt fest mit zwei außerhalb des Ventilgehäuses auf- und niedergehenden Stangen verbunden. Diese ruhten auf Armen, die entweder durch Hebelanordnung vom Exzenter aus gehoben und gesenkt wurden, oder ihre Bewegung durch Daumenscheiben von einer unter ihnen liegenden Steuerwelle aus erhielten. Fig. 275 bis 277 läßt die Anordnung erkennen.

Ventilanordnung und Antrieb bei einer englischen Ventilmaschine aus den 20er Jahren zeigt Fig. 278. Die gewichtbelasteten Ventile werden hier durch unrunde Scheiben von der Steuerwelle aus mit Hilfe von Zugstangen und kleinen Winkelhebeln gehoben.²⁾

Flachat führte schon 1846 in Paris liegende Maschinen auch mit veränderlicher Expansion aus, Fig. 279, bei denen die Ventile von einer über dem Zylinder liegenden Steuerwelle durch unrunde Scheiben angetrieben wurden. Die obenliegenden Einlaßventile wurden von schrägen Nocken aus bewegt. Die Füllung ließ sich von Hand durch Verschieben dieser unrunder Körper verändern.

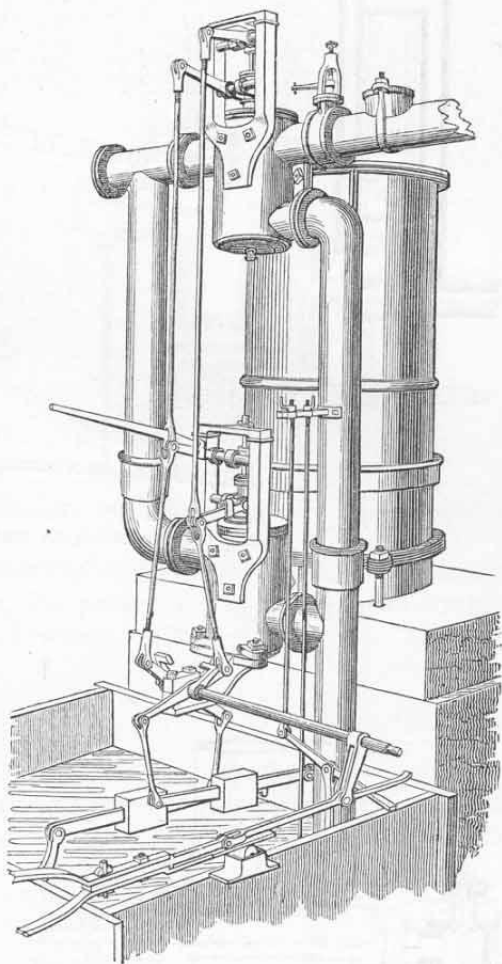


Fig. 274. Murdock's Ventilsteuerung um 1800.
(Aus Farey, Steam engine.)

¹⁾ Watt hatte noch umgekehrt die Ventile durch Gewichte öffnen und durch die Steuerung sie schließen lassen.

²⁾ s. Nottebohm, Zeichnungen, Berlin 1841.

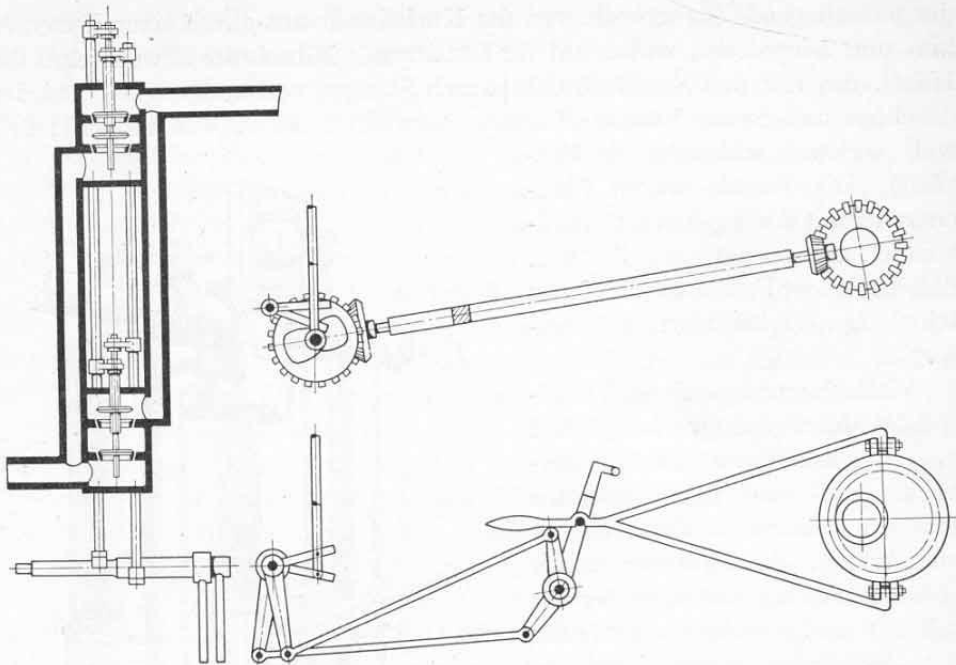


Fig. 275 bis 277. Ventilsteuerungen um 1810.
(Nach Originalzeichnung des Königl. Oberbergamts Breslau.)

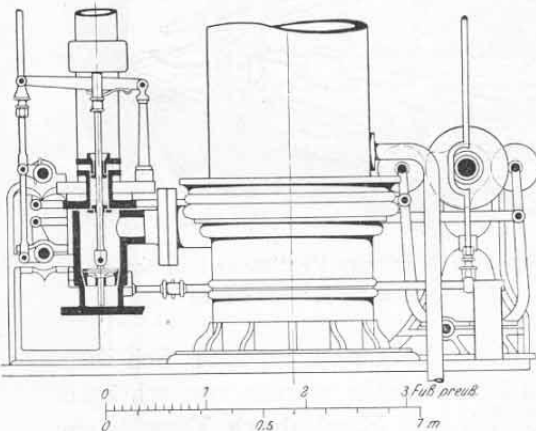


Fig. 278. Ventilsteuerung in England um 1825.

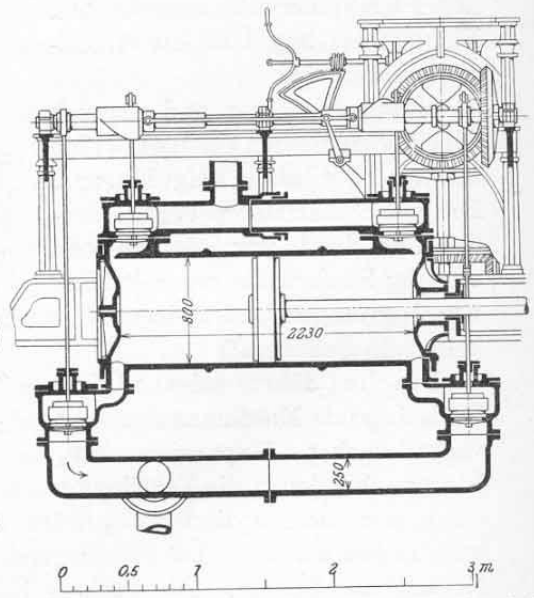


Fig. 279. Ventilsteuerung von Flachet-Paris 1846.
(Nach Gronvelle, Dampfmaschinen.)

Verschiedene Expansionssteuerungen.

Die ersten Expansionschiebersteuerungen baute Evans, indem er bei dem als gewöhnlichen Muschelschieber ausgebildeten Evansschen Drehschieber

die Einströmöffnung durch eine aufgelegte und von außen verschiebbare Platte veränderlich machte. Fig. 280 veranschaulicht die Ausführung bei einer nach Evans Muster in Frankreich erbauten Hochdruckmaschine.¹⁾

Wurden unrunde Scheiben zum Antrieb der Steuerorgane benutzt, so ließ sich, wie vorher gezeigt, durch Verstellen dieser Antriebskörper die Steuerbewegung und damit entsprechend die Füllung verändern. Fig. 281 zeigt eine Lösung, bei der von Hand zwei unrunde Scheiben beim Stillstand der Maschine gegeneinander verstellt werden können. Fig. 283 veranschaulicht, wie auch in der gleichen Weise die Steuerung sich von einer hin und her gehenden Stange bewegen läßt.²⁾

Um 1830 benutzte auch Taylor zur äußeren Steuerung, wie ein schön ausgeführtes, im Pariser Museum aufbewahrtes Modell zeigt, als Dampfverteilungsorgan eine hin- und herbewegte, mit entsprechenden Erhöhungen versehene Stange; eine Anordnung, die neuerdings von einigen deutschen Konstrukteuren wieder aufgenommen wurde.

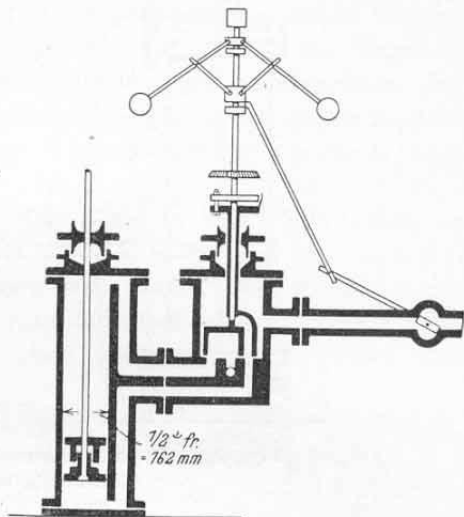


Fig. 280. Drehschieber mit Expansionsplatte.

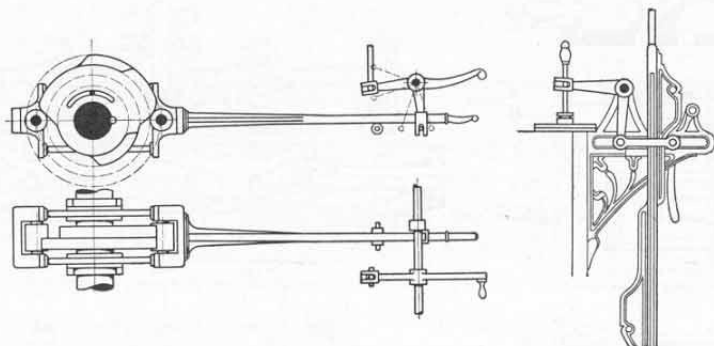


Fig. 281 bis 283. Steuerungsantrieb um 1830.

Die ersten Expansionssteuerungen mit hintereinander angeordneten Verteilungsorganen wurden von Freund in Berlin erbaut, Fig. 284. Hähne dienten sowohl als Verteilungs-, wie auch als Expansionsorgane. Die Kanäle waren

¹⁾ s. Bullet. d'Encour. 1821, S. 166, Tafel 203. In des Verfassers Geschichte der Dampfmaschine, Berlin 1901, ist diese Steuerung S. 126 behandelt.

²⁾ s. Tredgold, Steam Engine, London 1838.

noch als einfaches Rohr an den Zylinder angeschraubt; der Verteilungshahn saß in der Mitte dieser Röhre und wurde durch einen Exzenter von der Kurbelwelle aus angetrieben. Der vor ihm angeordnete Expansionshahn,

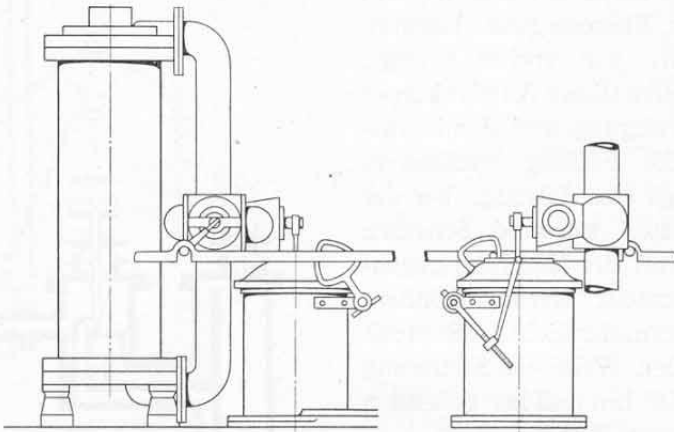


Fig. 284. Expansionssteuerung von Freund-Berlin 1816.
(Nach Severin, Beiträge, Berlin 1826.)

der den bezeichnenden Namen „Sparhahn“ führte, wurde anfangs von der auf- und niedergehenden Luftpumpenstange geöffnet und durch ein Gewicht geschlossen. Bald aber erhielt er auch eine mit Hilfe eines Bogendreiecks

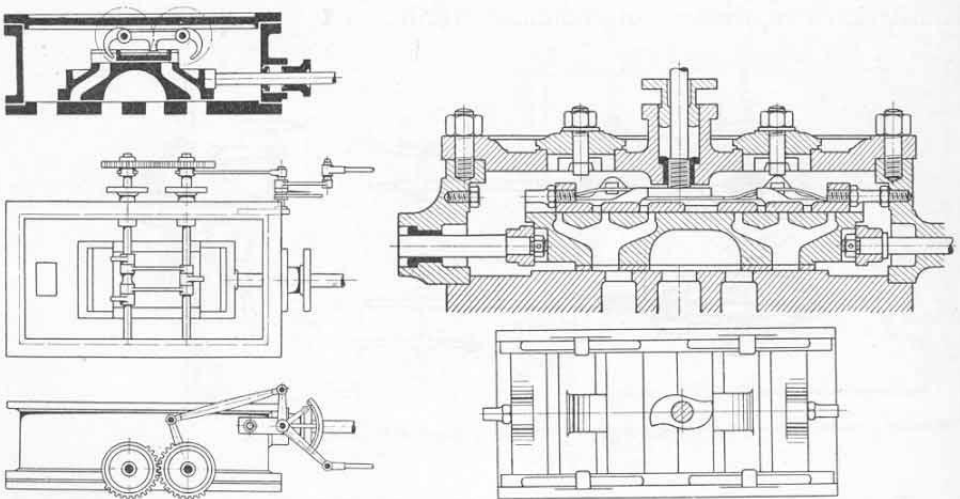


Fig. 285 bis 287.

Schleppschiebersteuerung von Edwards-Paris aus den 20er Jahren.

Fig. 288 und 289.
Farcot-Steuerung.

von der Exzenterstange abgeleitete Bewegung. Ein dritter Hahn diente zum Drosseln des Dampfes, er wurde vom Regulator verstellt. Bald wurden die zwei Hähne durch zwei Schieber ersetzt, von denen sich jeder

in besonderem Schieberkasten bewegte. Dieses Zweikammersystem, das u. a. von Saulnier (s. S. 382, Fig. 131) angewendet wurde, gewann große Verbreitung.

Eine große Gruppe bedeutsamer Expansionssteuerungen lassen sich unter dem Begriff Schlepsschiebersteuerung zusammenfassen. Zuerst wurden auch hier zwei Schieberkasten benutzt. Ein Ansatz des Expansionschiebers lag im Bereich zweier am Grundschieber angebrachten Anschläge und wurde in dieser Weise durch den Hauptschieber mitgenommen. So ließ z. B. auch Alban seine ersten Schlepsschiebersteuerungen ausführen, s. S. 432.

Die ersten Schlepsschieber scheint Edwards in den 20er Jahren in Paris ausgeführt zu haben, Fig. 285 bis 287. Hier lag auf dem mit Kanälen versehenen Grundschieber eine einfache Platte, die, soweit es die hakenartigen Anschläge gestatteten, vom Hauptschieber mitgenommen wurde. Die Anschlaghaken ließen sich leicht auch während des Betriebes von Hand verstellen; auch dem Regulator konnte leicht das Einstellen der Steuerung und damit die Füllungsänderung übertragen werden.

Die Edwardssche Steuerung wurde dann 1836 durch Farcot weiter ausgebildet und durch ihn, dessen Namen sie bis heute trägt, in großem Maßstabe eingeführt. Die Farcot-Steuerung hat auch im

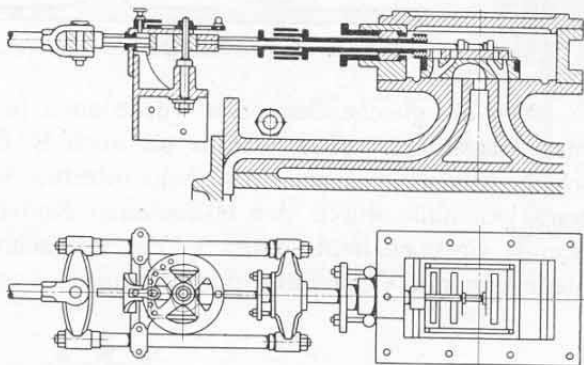


Fig. 290 und 291. Schlepsschiebersteuerung um 1860.

deutschen Maschinenbau die weiteste Verbreitung gefunden. Fig. 288 zeigt eine ihrer Ausführungen. Farcot verwandte zwei Expansionsschieber, zwischen denen er eine unrunde Scheibe, die von Hand oder Regulator leicht verstellbar werden konnte, anordnete. Statt dieser unrunder Scheibe, die zu drehen war, wurde Ende der 50er Jahre auch ein senkrecht zur Schieberbewegung verschiebbarer Keil angeordnet.

Öfters hielt man es auch für wünschenswert, die verstellbaren Knagge außerhalb des Schieberkastens anzubringen, was sich z. B. in der durch Fig. 290 dargestellten Weise erreichen ließ.

Die bei den Schlepsschiebersteuerungen unvermeidlichen Stöße machten sie für höhere Geschwindigkeiten untauglich. Auch wurde es oft als nachteilig empfunden, daß mit diesen Steuerungen sich nur Füllungen bis höchstens $\frac{1}{2}$ erreichen ließen.

Beide Nachteile wurden vermieden, wenn man die kraftschlüssige Bewegung des Expansionsschiebers durch eine zwangsläufige besondere Steue-

ung ersetzt. Diese Doppelschiebersteuerung wurde Ende der 30er und anfangs der 40er Jahre mehrfach unabhängig voneinander erfunden.

In England kam Bourne schon 1834 auf diese Lösung. 1838 ließ er sich diese Expansionssteuerung auch patentieren und im gleichen Jahre wurde sie auch zuerst bei einer Schiffmaschine ausgeführt. Der Expansionschieber war geteilt, die beiden Schieberplatten ließen sich mit Hilfe von rechtem und linkem Gewinde von außen gegeneinander verschieben.¹⁾

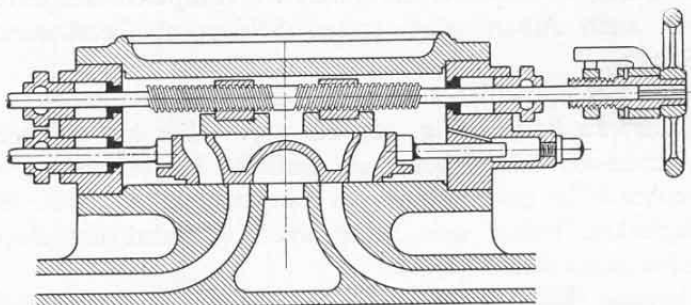


Fig. 292. Expansionschiebersteuerung (Meyer-Steuerung).

Um die gleiche Zeit etwa wurde auch in Amerika eine ähnliche Steuerung ausgeführt. 1841 wandte sie auch Bodmer in Form von Kolbenschiebersteuerungen an. Am bekanntesten wurde diese Expansionssteuerung jedenfalls durch den elsässischen Konstrukteur J. J. Meyer, dessen Namen sie noch heute trägt.²⁾ Fig. 292 zeigt eine Ausführung der Meyer-Steuerung mit Verstellung der Expansion von Hand.

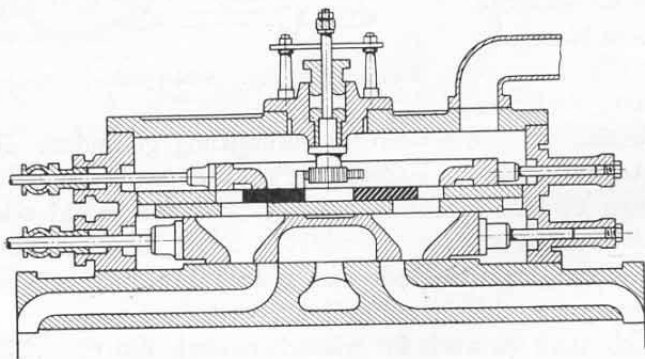


Fig. 293. Expansionssteuerung von George-Paris 1854.

(Nach Armengaud, Dampfmaschinen, Paris 1861.)

Das gegenseitige Verschieben der Expansionsplatte konnte natürlich auch durch Hebel geschehen, was vielfach bis zur neuesten Zeit ebenfalls ausgeführt wurde.

¹⁾ s. Engineer 1875, II., S. 307.

²⁾ Französisches Patent vom 23. April 1842. Biogr. Angaben über Meyer s. S. 226.

Schwieriger als bei den Schleppliebersteuerungen war es bei den zwangläufigen Steuerungen, durch den Regulator die Füllung verändern zu lassen. Meyer suchte die Aufgabe, wie Fig. 150, S. 395 erkennen läßt, zu lösen. Hierbei wurde die Schieberstange nach der einen oder anderen Richtung gedreht, je nachdem der Regulator die obere oder untere Kuppelung einrückte.

Den gleichen Zweck strebte M. George in Paris 1854 durch die Konstruktion Fig. 293 an. Über dem Grundschieber lag eine aus zwei Platten zusammengeschaubte mit rechteckigen Öffnungen versehene Platte, über die zwei Schieber von Hand so gegeneinander verstellt werden konnten, daß die Kanalöffnung verändert wurde. Ein rahmenartig gestalteter Expansionsschieber wurde von einem Exzenter aus zwangläufig über dieser verstellbaren Zwischenplatte verschoben. Eine ganz ähnliche Steuerung wurde von Eyth 1859 angegeben und von Kuhn in Stuttgart ausgeführt. Sie war konstruktiv wesentlich zweckmäßiger durchgebildet, leichter auszuführen und vor allem leichter in Stand zu halten.

Neben den Zweischiebersteuerungen war in den 40er und 50er Jahren das sogen. Meyersche Expansionsventil als Expansionssteuerung ganz besonders beliebt.

Schon in den 20er Jahren hatte Maudslay bei seinen Tischmaschinen ein besonders gesteuertes Expansionsventil, wie Fig. 140 bereits zeigte, angewendet. J. J. Meyer ließ sich eine gleiche Anordnung 1841 in Frankreich patentieren. Ihm gelang es erst, diese Anordnung erfolgreich in die Praxis einzuführen. Fig. 294 zeigt das Meyersche Expansionsventil bei einer Zwillingmaschine. Das Expansionsventil wird von einem auf der Regulatorwelle angebrachten schrägen Nocken, der von einem Rahmen so umfaßt wird, daß die mit ihm in Verbindung stehende Ventilstange unmittelbar bewegt werden kann, betätigt. Bei einer Zwillingmaschine waren zwei solcher Nocken übereinander angeordnet.

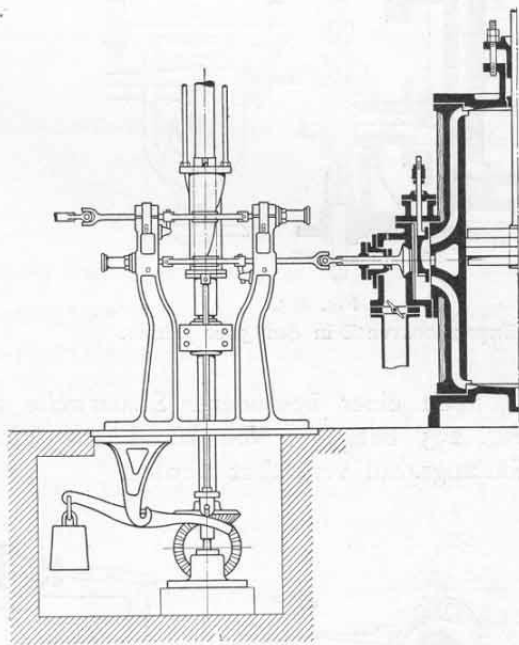


Fig. 294. Meyersches Expansionsventil 1841.

(Nach Originalzeichnung.)

¹⁾ s. Zivilingenieur 1859, S. 211.

Ein etwas anders angeordnetes Expansionsventil zeigte auch die Egellssche BÜgelmaschine, Fig. 142.

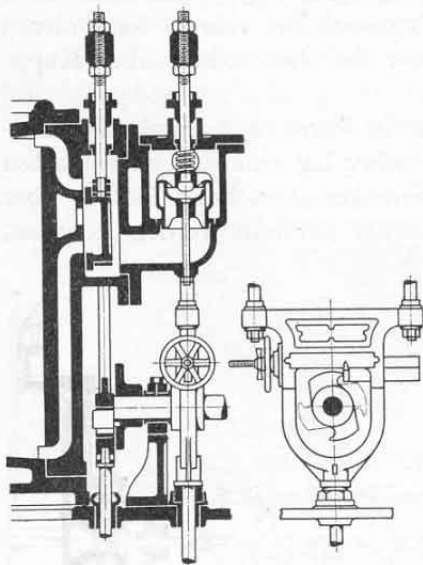


Fig. 295.

Expansionsventil in den 50er Jahren.

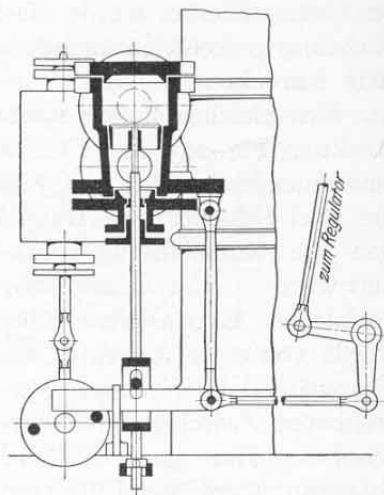


Fig. 296.

Expansionssteuerung der Märkischen Maschinenfabrik in Wetter 1837.

(Nach Originalzeichnung.)

Von einer besonderen Steuerwelle aus wird das Expansionsventil in Fig. 295 betätigt; von Hand aus kann ein Anschlag und damit der Füllungsgrad verändert werden.

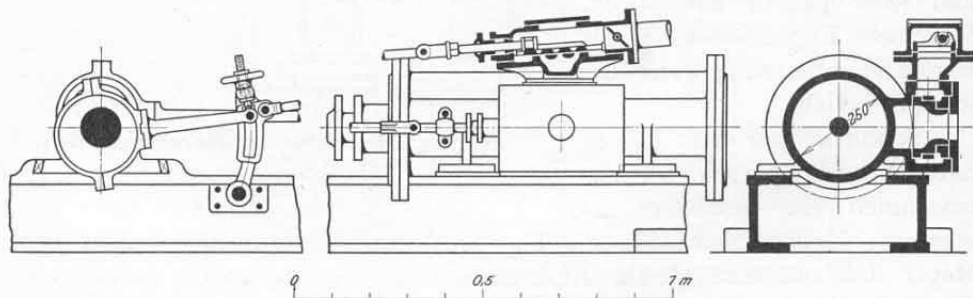


Fig. 297 und 298. Expansionssteuerung von Escher Wyss 1856.

(Nach Originalzeichnung.)

Eine vom Regulator beeinflusste Expansionssteuerung, die 1837, also vor Meyer, schon von der Märkischen Maschinenfabrik in Wetter ausgeführt wurde, veranschaulicht Fig. 296. Das Expansionsventil wird hier von einer Steuerwelle aus durch Heben einer vom Regulator wagrecht verschiebbaren Stange bewegt.

Das Meyersche Expansionsventil und die verwandten Expansionssteuerungen ermöglichten es auch, in bequemer Weise alte Maschinen zu Expansionsmaschinen umzubauen. Einen solchen Umbau, bei dem als Expansionsorgan ein Gitterschieber verwendet ist, zeigt Fig. 297. Der Expansionschieber wird hier von einem zweiten Exzenter angetrieben; die Füllung kann mit Hilfe einer Kulisse, in der das Exzenterstangenende von Hand verschiebbar ist, verändert werden. Zuweilen benutzte man als Expansionsorgan auch eine der Drosselklappe gleiche Klappe, die meistens von einer unrunder Scheibe aus betätigt wurde, Fig. 299.

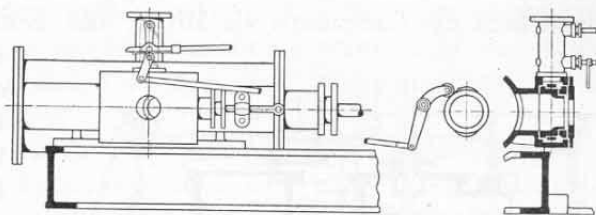


Fig. 299 und 300.
Expansionschiebersteuerung von Escher Wyss 1856.
(Nach Originalzeichnung.)

Die Regulierung der Maschine.

Der von Watt aus dem Mühlenbetriebe übernommene Zentrifugalregulator hatte mit Hilfe einer Klappe den Querschnitt der Dampfzuleitung zu verändern. Der Widerstand in der Leitung und damit der Dampfdruck wurde geändert und in dieser Weise die Leistung der Maschine reguliert. Evans war der erste, der auf das Unwirtschaftliche dieser Drosselregulierung aufmerksam machte und die Leistung der Maschine nur durch Änderung der Füllung reguliert haben wollte. Noch lange dauerte es, bis diese Erkenntnis allgemeiner wurde.

Der Regulator war anfangs nur ein sinnreicher Apparat, den man zu einer fertigen Maschine hinzufügen konnte. Schon die Art, wie man ihn oft ohne allen äußeren Zusammenhang mit der ganzen Maschine an der Wand oder Decke der Maschinenstube anbrachte, zeigt, wie wenig er anfangs noch zur Maschine gehörte. Je größer aber die Anforderung an die Gleichmäßigkeit des Ganges wurde, um so wesentlicher wurde die selbsttätige Regulierung der Maschine. Der Regulator hatte nicht mehr eine leicht bewegliche Drosselklappe zu bewegen, sondern sollte unmittelbar die Dampfverteilung ändern.

Auf den verschiedensten Wegen suchte man dies Ziel zu erreichen. Einige Lösungen sind bereits vorher erwähnt. Endgültig aber löste diese Aufgabe erst der große Amerikaner Corliss, mit dessen Maschine das Zeitalter der Präzisionsdampfmaschine beginnt.

5. Übersicht über die Entwicklung der Kondensation.

Erst durch Watt wurde der Kondensator zu einem von der Maschine getrennten selbständigen Teil der ganzen Dampfmaschinenanlage. Neu hinzu kam die Luftpumpe als Mittel, das Kondensat nebst Luft zu entfernen.

Eine normale Watt'sche Kondensationseinrichtung, wie sie lange Zeit gebräuchlich war, zeigt Fig. 301. Luftpumpe und Kondensator stehen nebeneinander in einem Wasserbehälter unterhalb der Maschinensohle; das die ganze Vorrichtung umgebende Wasser sollte vor allem die Luft verhindern, durch irgend welche Undichtigkeit in den Kondensator zu gelangen. Die Luftpumpe ist einfachwirkend und wird unmittelbar vom Balancier angetrieben; bei den ersten Maschinen standen Luft-

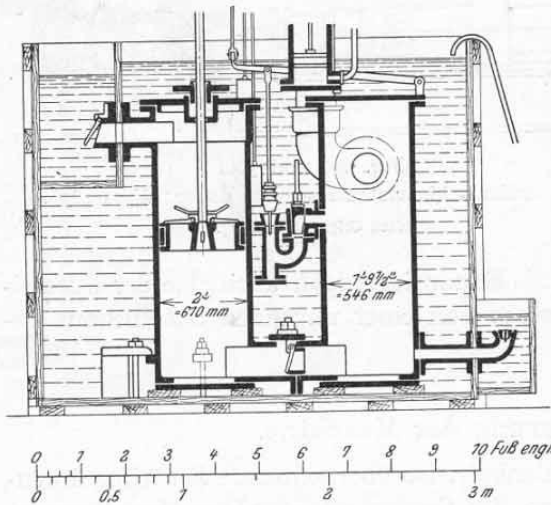


Fig. 301. Watt'sche Kondensation um 1800.

pumpe und Kondensator unter der dem Zylinder entgegengesetzten Balancierseite. Wenn der Luftpumpenkolben aufwärts ging, bewegte sich der Dampfkolben abwärts. Später aber stellte Watt durchweg die Kondensationseinrichtung unmittelbar neben die Maschine, so daß die Kolbenbewegung zwischen Luftpumpe und Dampfkolben gleichartig wurde. Der Luftpumpenkolben war durchbrochen, als Abschlußorgane dienten Metallklappen oder Metallteller, die an der Luftpumpenstange sich führten. Die gleiche Anordnung zeigt im wesentlichen auch die Kondensationseinrichtung der berühmten Cornwallmaschinen, von denen eine in Fig. 302 dargestellt ist.

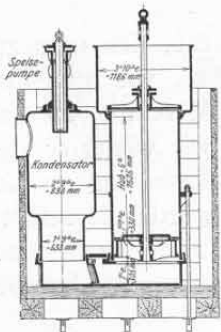


Fig. 302.

Kondensation und Luftpumpe um 1830.

Eine wesentliche Konstruktionsänderung nahm Maudslay vor, um seine Tischmaschine möglichst einfach zu gestalten. Er setzte die Luftpumpe konzentrisch in den ebenfalls zylindrischen Kondensator, wie Fig. 150 auf S. 390 es erkennen läßt; eine Anordnung, die große Verbreitung gefunden hat.

1843 führte Bodmer eine Luftpumpe aus, bei der weder ein durchbrochener Kolben noch ein Saugventil nötig war. Charles Brown hat die Bodmersche Konstruktion weiter ausgebildet. Diese Luftpumpen ohne Saug-

ventil sind dann von den verschiedensten Seiten vielfach ausgeführt worden. Als Luftpumpe für Schiffsmaschinen hat der englische Konstrukteur Edwards sie vielfach benutzt.¹⁾ Sehr wichtig wurde der vulkanisierte Kautschuk als Stoff für die Abschlußorgane der Kondensationseinrichtung. Diese Klappen begannen von 1850 an immer mehr die Metallklappen zu ersetzen.

Die Abmessung der Kondensationseinrichtung wurde sehr verschieden gewählt; meistens hielt man sich auch hier noch lange an Wattsche Angaben und Erfahrungswerte.

Watt nahm das Luftpumpenvolumen gleich $\frac{1}{8}$ des Zylindervolumens, den Durchmesser der Luftpumpe also gleich dem halben Durchmesser des Dampfzylinders, und den Luftpumpenhub halb so groß als den Dampfkolbenhub. Der Kraftverbrauch der Luftpumpe wurde zu $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{15}$ der Maschinenleistung geschätzt. Der Inhalt des Kondensators sollte einschließlich der Rohrleitung gleich $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ vom Zylinderinhalt sein.

Sehr mannigfach verschieden war die Anordnung der Luftpumpe und ihr Antrieb, sobald man von den Balanciermaschinen absah, bei denen sich Anordnung und Antrieb von selbst in einfachster Weise ergab. Bei liegenden Maschinen fing man sehr bald an, auch liegende Luftpumpen anzuordnen, die gewöhnlich doppeltwirkend ausgeführt wurden. Sie lagen entweder auf gleicher Maschinenhöhe wagerecht und wurden durch Kurbel, Exzenter oder unmittelbar durch die verlängerte Kolbenstange angetrieben; auch ein Querhaupt, das mit der Kolbenstange verbunden war, diente zum Antrieb; oder man stellte sie unter Maschinsensole und ließ sie von der Kurbel durch Schubstange und Winkelhebel oder auch in gleicher Weise vom Kreuzkopf aus antreiben. Oft wurden sie in diesem Falle auch stehend oder schräg liegend ausgeführt und durch irgend eine Hebelanordnung von einem der bewegten Maschinenteile aus angetrieben.

Anfangs der 50er Jahre kommen auch schon von der Maschine vollkommen getrennte Kondensationsanlagen mit eigener Dampfmaschine vor, auch Anfänge der Zentralkondensation, und zwar zuerst bei Hüttenwerken, finden sich in dieser Zeit.

Die Einspritzkondensation war allein herrschend, aber auch die Oberflächenkondensation wurde nicht ganz vergessen. Freund hatte sie schon 1816 bei seinen ersten Maschinen angewandt, mit dem ausgesprochenen Zwecke, reines Speisewasser zu erhalten.

Auch Cartwright hatte schon 1798 eine Oberflächenkondensation bei seiner Maschine angewandt (s. S. 386). Am bekanntesten wurde der Hallsche Oberflächenkondensator, der 1831 (Patent Nr. 6209) patentiert wurde, besonders in seiner Anwendung auf Schiffsmaschinen. Der Dampf wurde durch ein Röhrensystem hindurchgeleitet, wobei auf 1 PS 50 Röhren von $\frac{1}{2}$ Zoll (27 mm) Durchmesser und 3 Fuß (914 mm) Länge gerechnet wurden, was einer Kühlfläche von 0,58 qm entsprach.

¹⁾ Im Kapitel „Schiffsmaschinen“ wird näher darauf eingegangen und die Bodnersche Pumpe dargestellt.

Wilhelm Siemens gab 1849 einen Oberflächenkondensator an, bei dem eine Anzahl senkrecht aufgestellter, $4\frac{1}{2}$ mm dicker Kupferplatten verwendet wurden. Sie bildeten mit den senkrechten Kastenwänden einen Zickzackkanal, der von kaltem Wasser durchflossen wurde. Der Dampf wurde durch die oberen Enden der unten vom kalten Wasser getroffenen Kupferplatte kondensiert.¹⁾

Auch der Oberbergrat Henschel in Kassel suchte schon 1819 Oberflächenkondensatoren, die er als flache Kammern ausbildete, zu verwenden.²⁾

Andere Erfinder bliesen mit Ventilatoren einen Luftstrom von außen gegen die Dampf Räume, und Craddock ließ sogar 1843 das ganze Dampfrohrsystem, aus dem sein Kondensator bestand, mit bedeutender Geschwindigkeit um eine zu den Röhren parallele Achse drehen.

Auch Versuche mit dem Strahlkondensator reichen weit zurück. Dr. Alban suchte schon 1816 auf diesem Wege ohne Luftpumpe bei seinen Hochdruckmaschinen eine, wenn auch unvollkommene Kondensation zu erreichen, wenn er den Auspuffdampf zu Heizzwecken nicht verwenden konnte. Der Albansche Kondensator bestand aus einem längeren schrägliegenden Kupferrohr, dessen Ende mit einer Rückschlagklappe verschlossen war. Nicht weit vom oberen Ende des Rohres war ein kleines Einspritzrohr so eingelötet, daß es seinen Wasserstrahl dem in den Kondensator einmündenden Dampf strahlenförmig entgegensandte; ein außen angebrachter kleiner Hahn gestattete den Wasserzufluß zu regulieren. Das ganze Rohr lag im Kaltwasserbehälter. Alban ließ seinen Dampf, von 8 bis 10 at Anfangsdruck mit etwa $2\frac{1}{2}$ at in sein Kondensatorrohr einströmen; der Auspuffdampf stieß die Klappe auf „und treibt“ — beschreibt Alban — „beim augenblicklichen Ausströmen aus demselben alle Luft und jede über dem Ventil sich angehäuft habende Flüssigkeit mit zu derselben heraus“. Ist der Dampfdruck auf 1 at gefallen, so konnte auch die Einspritzung, die bis dahin der Überdruck verhindert hatte, beginnen; die äußere Klappe schloß sich, der noch vorhandene Dampf wurde niedergeschlagen.³⁾

Auch Perkins hatte, nach Alban, bei seinen Hochdruckmaschinen eine ganz ähnliche Anordnung benutzt.

¹⁾ s. Prechtl, Techn. Encyclop., 1859, S. 380, und Mechan. Magaz., 1849.

²⁾ s. Gilberts Annal. d. Phys., 1819.

³⁾ s. Alban, Die Hochdruckmaschine, Rostock 1843, S. 485, Taf. III, Fig. 40; s. auch Engineer 1868, Bd. 2, S. 251, wo Albans intermittierender Kondensator unter dem Titel: „On condensing steam engines without air-pumps“ sehr anerkennend besprochen wird.

6. Die rotierenden Dampfmaschinen.

a) Allgemeines.

Wer die Bedeutung eines technischen Gebietes allein nach der in ihm geleisteten Erfinderarbeit schätzen wollte, müßte in der rotierenden Dampfmaschine eine der wichtigsten Ausführungsformen sehen. Wohl selten aber hat die Größe der Erfindungsarbeit zu ihren wirtschaftlichen Ergebnissen in so schlechtem Verhältnis gestanden, wie hier. Der Glaube, durch die rotierende Maschine eine ungeahnte Vervollkommnung der Dampfmaschine zu erreichen, ist manchem geistreichen Erfinder zum tragischen Verhängnis geworden. Die Erfindungen ihrer Vorgänger wurden vergessen; eine Zuversicht, die keine Grenzen kannte, verdunkelte ihr kritisches Urteil und zwang sie, Arbeitskraft und Kapital dem „Stein der Weisen“ zum Opfer zu bringen. Riesige Geldmittel, ungeheure Arbeitskraft und Zeit sind auf die rotierende Maschine mehr oder weniger erfolglos im Laufe der Jahrzehnte verwendet worden. Unter diesen Erfindern finden sich nicht nur unbedeutende Namen, die heute im Patentamt eingetragen und morgen wieder vergessen werden, die rotierende Maschine hat auch hervorragende Ingenieure, die großartige Lebensarbeiten hinter sich hatten, umfassende Erfahrung besaßen und deren kühles Urteil man in allen anderen Fällen bewunderte, in ihren Bann gezogen. Die Liste der Erfinder rotierender Dampfmaschinen weist einen Watt auf, einen Murdock, Hornblower, Trevithick, einen Ericsson, Maudslay und andere mehr. 210 Patente sind bis 1859 allein in England auf rotierende Dampfmaschinen erteilt worden. Im Patentoffice zu Washington reichte in den 60er Jahren gerade ein einziger großer Schrank noch aus, um die Modelle von etwa 500 rotierenden Dampfmaschinen aufzunehmen, von denen man vielleicht 3 oder 4 auch außerhalb des Patentamtes im praktischen Betriebe hier und da zu sehen bekam.¹⁾

Verwirrend ist auf den ersten Blick die Mannigfaltigkeit der Ausführung; jede nur denkbare Lösung scheint versucht, jede nur mögliche gegensätzliche Beweglichkeit der einzelnen Teile scheint ausgeführt. Jahrhunderte alte, in den ältesten technischen Werken schon beschriebene rotierende Pumpen tauchen als rotierende Dampfmaschinen wieder auf. Manche als neue Offenbarung gepriesene rotierende Maschine reicht weit zurück in das mittelalterliche Maschinenzeitalter.

Der Grund für diese zahllosen Versuche, rotierende Dampfmaschinen zu bauen, ist zunächst in dem gesunden Bestreben zu suchen, die zum Antrieb der Arbeitsmaschinen benutzte Drehbewegung möglichst unmittelbar zu erzeugen und nicht erst eine hin- und hergehende Bewegung in eine Drehbewegung umzuwandeln. Der kürzeste Weg schien auch hier der beste.

¹⁾ s. Eyth, Wanderbuch eines Ingenieurs, Heidelberg 1886.

Einen besonderen Ansporn gab aber jahrzehntelang dem Erfinder eine falsche Auffassung von dem Arbeitsverlust bei der Umwandlung der Bewegung. Man glaubte, daß durch das Kurbeltriebwerk an sich ein sehr bedeutender Arbeitsverbrauch bedingt würde. So sagt einer der Erfinder: „Die Wichtigkeit einer kräftigen, dabei Brennmaterial sparenden rotierenden Dampfmaschine wird nicht bestritten werden, wenn man bedenkt, daß die Dampfmaschine mit auf und ab gehenden Kolben und Krummzapfen ungefähr die halbe Kraft des Dampfes absorbiert.“

Und ein anderer Erfinder führt aus: „Der Verlust an Kraft, welcher den Verbrauch des Krummzapfens verhindert, wird, in Zahlen ausgedrückt, $\frac{1}{3}$ des Ganzen betragen.“ Russel mußte noch 1838 in einem Vortrage mit größtem Nachdruck sehr ausführlich auf diesen Irrtum eingehen, „bei dem täglich viel Scharfsinn und technische Geschicklichkeit verwendet wird und welcher unter dieselbe Kategorie von Täuschungen gehört, worunter die Quadratur des Zirkels und das Perpetuum mobile seit langem gerechnet worden ist.“¹⁾ Aber auch dies hat nicht genügt, die Erfinder abzuschrecken, wie die Patentlisten bis heute beweisen.

In das Gewirre der verschiedensten Konstruktionselemente und ihrer Bewegung zueinander hat die Kinematik wenigstens einige Klarheit und Übersicht gebracht. Reuleaux hat in seiner theoretischen Kinematik unter den Begriff Kurbelkapselwerke und Kapselräderwerke eine große Menge der verschiedensten Konstruktionen in übersichtlicher Weise nebeneinander gestellt, auf das Gleichartige und Gemeinsame hingewiesen und die kinematischen Grundgesetze „in dieser ebenso wundervollen als teuren kinematischen Sammlung“ dargestellt.

Es lassen sich an diesen rotierenden Maschinen des vorliegenden Zeitabschnitts drei Gruppen unterscheiden. Bei der einen wirkt die Strömungsenergie des Dampfes, das sind die Dampfäder, die Dampfturbinen, die, damals für die unbrauchbarste Gruppe der rotierenden Maschinen angesehen, heute zu ungeahnter Bedeutung gelangt sind.²⁾

Die Maschinen der zweiten Gruppe kann man als Schwerkraftsmaschinen bezeichnen. Hier werden durch den Dampfdruck flüssige oder feste Körper von möglichst großem Gewicht in der Weise zur Drehachse verschoben, daß durch das Gewicht dieser Körper eine Drehbewegung entstehen kann. So schlug Watt 1769 vor, in einem hohlen konzentrisch um eine Achse angeordneten Ringe Quecksilber durch Dampf auf der einen Seite hoch zu drücken und hierdurch die Drehung zu erzeugen. Andere wieder benutzten volle, schwere Kolben und ließen sie in den als Zylinder ausgebildeten Arm eines großen Rades durch Dampfdruck entsprechend verschieben. Ja einer der Erfinder verstand es, sogar hier einen Balancier zu verwenden, auf dessen

¹⁾ Jamesons Edinburgh new philosophical Journal, Vol. XXIV, pag. 35, und Verh. des Ver. zur Beförd. d. Gewerbef. in Preußen 1838, Bd. 17.

²⁾ Ihre Entwicklung ist in besonderem Kapitel zusammenhängend behandelt.

Enden zwei Gefäße angebracht waren, die der Dampf abwechselnd mit Quecksilber füllen sollte. Diese neue Dampfmaschine war also der einfachen Kinderschaukel nachempfunden.¹⁾ Man erkannte aber doch bald, daß diese Schwerkraftmaschinen für praktischen Betrieb nicht zu gebrauchen waren.

Bei der dritten Gruppe der rotierenden Dampfmaschinen, zugleich der zahlreichsten, wirkt der Dampfdruck auf einen beweglichen Maschinenteil, der eine drehende oder hin- und herschwingende Bewegung auszuführen vermag. Bald ist es ein umlaufender, scheibenartiger Kolben, bald ein exzentrisch gelagerter Zylinder, oder eine Art verzahntes Rad. Noch mannigfaltiger als der Kolbenkörper ist Anordnungs- und Wirkungsweise der Steuerung.

Nur einige Konstruktionen seien als Beispiele aus der großen Gruppe der rotierenden Maschinen ausgewählt und kurz besprochen.

b) Einige Beispiele ausgeführter Maschinen.

Fig. 303 zeigt die Konstruktion, die sich Watt 1782 patentieren ließ. Ein zylindrisches Gefäß mit einem umlaufenden Kolben und einer beweglichen Klappe bildet die Maschine. Der Dampf tritt durch das wagerechte Rohr zwischen Kolben und Klappe, während durch das nach unten gekrümmte Rohr der übrige Teil des Zylinders mit dem Kondensator oder der Atmosphäre in Verbindung steht. Die Klappe wird durch den Kolben selbst in eine entsprechende Aussparung hineingedrückt und fällt durch ihr eigenes Gewicht wieder zurück. Der Kolben war nicht dicht zu erhalten, das Anschlagen des Kolbens an die bewegliche Klappe und ihr Zurückschlagen führte zu Unzuträglichkeiten, so daß Watt selbst nach einigen Versuchen die Maschine aufgab.

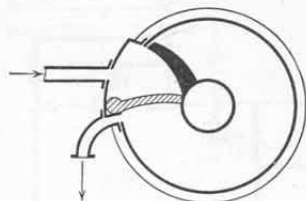


Fig. 303. Watts rotierende Dampfmaschine 1782.
(Nach Patentzeichnung.)

Ein Kapselräderwerk, daß Leupold schon 1724 als rotierende Pumpe unter dem Namen „Machina Pappenheimiana“ beschrieben hatte und auch vor ihm schon lange bekannt gewesen zu sein scheint, wurde von Murdock 1799 auch als rotierende Dampfmaschine benutzt, Fig. 304 und 305.

Die Konstruktion besteht aus zwei Zahnrädern, deren Kronen gegen die sie einschließende Zylinderwandung abgedichtet sind. Der von oben zutretende Dampf gelangt durch ein Ventil zwischen die Flügel; der untere Teil des Arbeitsraumes steht mit dem Kondensator in Verbindung.²⁾

¹⁾ Die Idee ist übrigens später für kleinere Kesselspeiseapparate benutzt worden.

²⁾ Gleichfalls auf Kapselrädern beruht eine rotierende Maschine, die sich Galloway 1834 patentieren ließ, sie ist nach Reuleaux als ein aus einem Planetenräderwerk mit hohlem Umlaufrade gebildetes Kapselräderwerk anzusehen. s. Reuleaux, Theoretische Kinematik, Bd. I, S. 416. Nähere Beschreibung der Maschine s. Galloway, History of the Steam Engine, London 1836.

Ferner sei noch erwähnt die Maschine von Rider aus dem Jahre 1821, Fig. 306. In einem großen Zylinder dreht sich ein kleinerer, an dessen Umfange eine Anzahl tiefer Schlitze in der Richtung der Achse angebracht sind. In diese Schlitze sind Schieber eingepaßt, deren Stellung durch zwei in die Enden des zylindrischen Maschinenkörpers exzentrisch eingelegte Reifen bedingt wird; der von rechts einströmende Dampf drückt auf die vorstehenden Schieberflächen, während zugleich der Raum links mit dem Kondensator verbunden ist. Auch als Gebläse wurde die Maschine benutzt. Man setzte große Hoffnungen gerade auf diese Maschine, zumal einige derselben zufriedenstellend gelaufen sein sollen. Eine von ihnen soll ein halbes Jahr Tag und Nacht im Gange gewesen sein, ohne Abnutzung gezeigt zu haben, und soll sogar nur halb so viel Brennstoff erfordert haben, als gleich starke Kolbendampfmaschinen; da nur ein Dampfdruck von 0,13 bis 0,2 at benutzt wurde, so dürfte das Dichthalten nicht zu große Schwierigkeiten bereitet haben. Auch als Schiffsmaschine hat man diese Rider-Maschine, allerdings mit recht schlechtem Erfolge, anzuwenden versucht.¹⁾

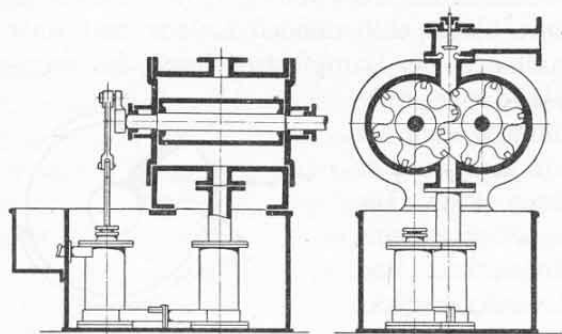


Fig. 304 und 305.

Murdock's rotierende Dampfmaschine 1799.

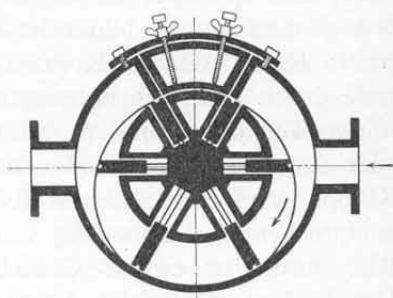


Fig. 306.

Riders rotierende Dampfmaschine 1821.

Sehr merkwürdig war eine französische rotierende Maschine, die 1844 patentiert wurde. Sie hatte wie eine normale Dampfmaschine, einen Zylinder mit hin- und hergehendem Kolben; die Kolbenstange, die hier aber als Welle diente und sich wohl drehen, aber nicht in ihrer Längsrichtung im Zylinder verschieben konnte, trug einen stark hervorstehenden Gewindegang, dem eine im Kolbenkörper angebrachte Nut als Muttergewinde entsprach. Der am Drehen verhinderte Kolben mußte also beim Hin- und Hergleiten die Welle drehen. Dem Hub des Kolbens entsprach eine Ganghöhe. Armingaud, der noch 1861 diese gewiß eigenartige Maschine für erwähnenswert hielt, bemerkte jedoch, „daß sie mehr durch ihre geistreiche Anordnung, als durch praktische Resultate hervorsteche“.

¹⁾ s. London Journ. of Arts, Vol. 2, S. 18, und Severin, Beiträge, Berlin 1826, S. 152. Eine „halbrotierende“ Schiffsmaschine von Ericsson ist im Kapitel „Schiffsmaschinen“ besprochen.

Zu einer anderen Gruppe von rotierenden Maschinen gehören die sogenannten Scheibenmaschinen. Zwei englische Erfinder, E. und J. Dakeyne, ließen sich bereits 1830 eine derartige Maschine schützen (Patent Nr. 5882). Bekannter wurde die „disc engine“ aber erst einige Jahre später, 1836, in der von Davies, Bishop und Rennie ausgeführten Anordnung. Der den Dampfdruck aufnehmende Maschinenteil, eine kreisrunde Scheibe, nimmt hier nicht an der Drehbewegung teil, sondern schwingt in eigenartiger Weise hin und her. Der verwickelte Bewegungsvorgang hat der Maschine etwas Geheimnisvolles gegeben. Jedenfalls ist sie von allen rotierenden Maschinen am wenigsten verstanden worden.

Fig. 307 zeigt eine Scheibenmaschine französischer Konstruktion, wie sie von Molard anfangs der 60er Jahre auch nach Woolfschem System erbaut wurde. In der

Figur ist die Niederdruckseite einer Woolfschen Maschine im Schnitt dargestellt. Die Hochdruckseite hatte 450, die Niederdruckseite 770 mm Durchmesser. Der

Schwingungswinkel der Scheibe betrug 24° . Die Maschine machte bei 6 at Kesseldruck 60 Umdrehungen in der Minute; mit einem konischen Zahnrad-

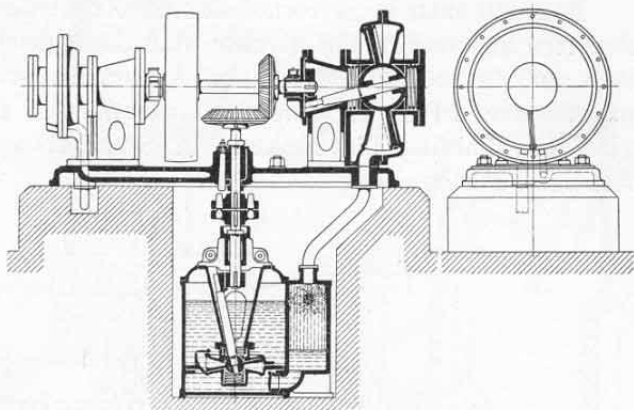


Fig. 307 und 308. Scheibenmaschine.

paar wurde die genau wie die Maschine konstruierte Luftpumpe angetrieben. Die Dampfverteilung geschah durch eine die Schwingbewegung nicht hindernde Zwischenwand, die abwechselnd Dampf- und -Austritt freigab.¹⁾

Lange Zeit versuchte man besonders in England die Scheibenmaschine auch als Schiffsmaschine anzuwenden.

Auch Maschinen, die einem fast als Einfall einer übermütigen Laune erscheinen, kommen vor und bringen Humor in die ungeheure Mannigfaltigkeit der Dampfmaschine. So konstruierte Hancock eine Gummibeutelmaschine, bei der Zylinder und Kolben durch zwei Gummibeutel ersetzt waren, die mit ihrem einen Ende fest mit dem Dampfverteilungskasten ver-

¹⁾ Ausführliche Zeichnungen s. Armengaud, Publ. industr., Bd. XVI, S. 215.

²⁾ Ausführliche Konstruktionszeichnung einer Scheibenmaschine von Bishop aus dem Jahre 1854 s. Kronauer Zeichnungen Atlas; Zürich 1845, Bd. 3, Taf. 16 u. 17, Jahr 1854.

bunden, mit ihrem anderen Ende mit dem Gleitrahmen in Verbindung standen. Durch den Dampf wurden die Gummibeutel abwechselnd aufgeblasen, und diese Bewegung wurde auf die Kurbel übertragen. Einen „leichten“ Motor, wie er ihn für sein Automobil haben wollte, hatte Hancock damit erreicht, und auch die ihm sehr unangenehme Stopfbüchse und die Abdichtung des Kolbens waren vermieden. Er sah aber selbst bald ein, daß er mit seiner Maschine die von ihm verlangte Krafterleistung nicht erhalten konnte.¹⁾

Ebenso seltsam ist Bourdons Dampfmaschine mit biegsamem Rohr, die man noch 1878 ausführlich zu beschreiben für notwendig hielt. Sie ist nichts weiter als ein großes Manometer mit periodisch unterbrochener Dampfzuführung, die Zeiger sind große Hebel und ihr Ausschlag wird auf eine zwischen ihnen liegende Welle durch Schubstange und Kurbel übertragen.²⁾

Bourdon hatte lange vorher dasselbe Konstruktionsprinzip bei seinen Manometern angewandt und glaubte, daß diese gleiche Konstruktion sich nun auch auf alle mögliche Arten von Apparaten, schließlich auch auf Kraftmaschinen und Pumpen anwenden lassen müsse. Er war stolz darauf, durch seine Konstruktion die Reibung in Stopfbüchsen und Kolben endgültig beseitigt zu haben.

II.

Die Pumpmaschine.

1. Wasserhaltungsmaschinen.

A. Die Wasserhaltungsmaschinen des Kontinents am Anfang des 19. Jahrhunderts.

Allgemeines. — Erste deutsche Wasserhaltungsmaschinen. — Die Maschine zu Hettstedt 1785. — Die oberschlesischen Pumpmaschinen. — Konstruktionen von Richards, Dinnendahl und Brendel.

Durch die Not der Bergwerke entstanden, hat die Dampfmaschine auch zuerst im bergbaulichen Betriebe eine bedeutsame Weiterentwicklung erfahren. Kein anderer Industriezweig brauchte so mächtige Maschinen; auf keinem anderen Gebiete mußten so hohe Anforderungen an die Betriebssicherheit gestellt werden. Auf Erzgruben, die fern von den Kohlenbezirken lagen, wurde vor allem auch auf geringen Brennstoffverbrauch gesehen.

¹⁾ Diese Gummibeutelmaschine ist im Kapitel Dampfmaschinen dargestellt.

²⁾ s. Armengaud, Publ. industr., Bd. 24, Taf. 54, S. 161.

Die Wasserhaltungsmaschinen der Gegenden mit hohen Kohlenpreisen zeigen deshalb die erste wesentliche Verbesserung in wärmetechnischer Hinsicht. In England hatte Watt bis 1800, indem er durch seine weitgehenden

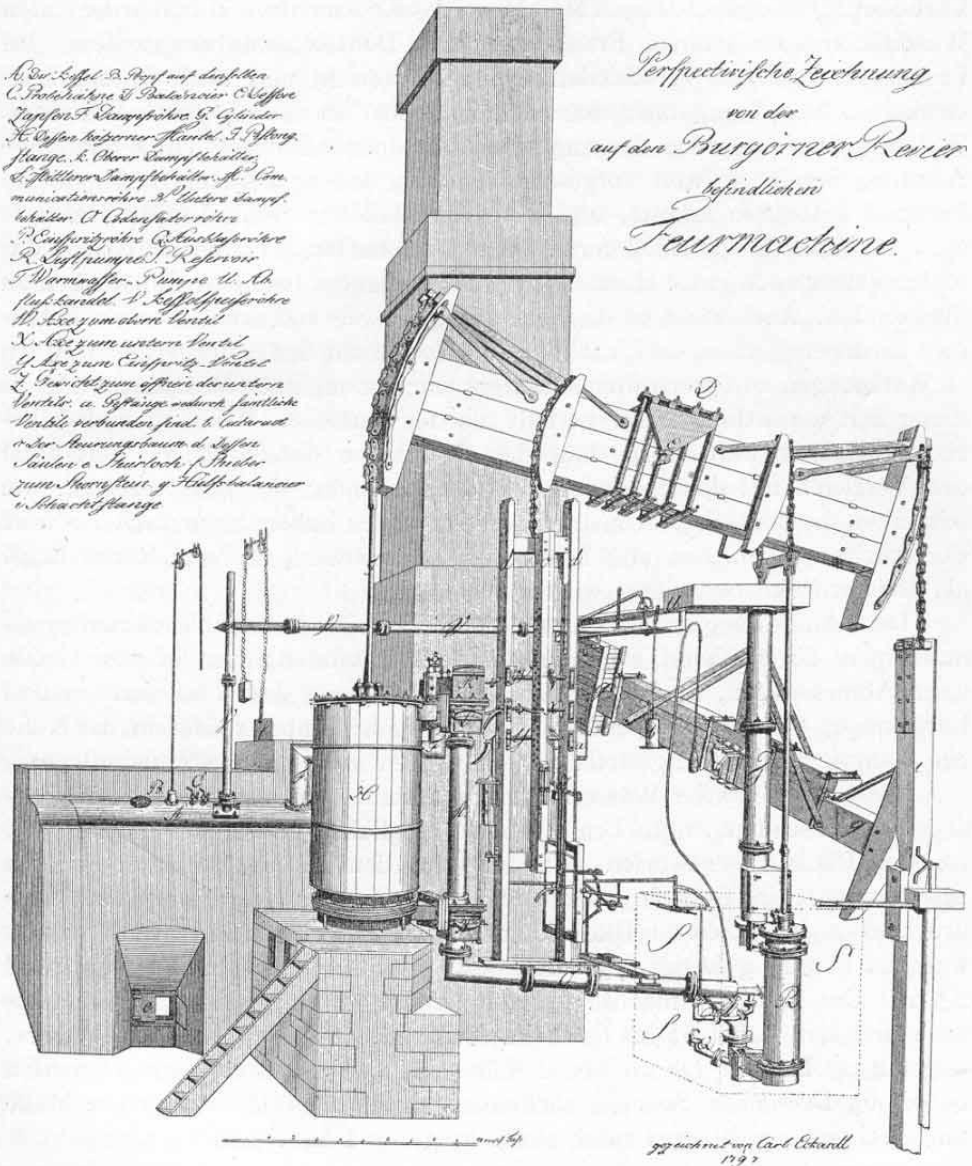


Fig. 309. Wasserhaltungsmaschine zu Hettstedt von Bückling 1785 erbaut.

Patente fast alle anderen „Kunstmeister“ von der Mitarbeit ausschloß, die Wasserhaltungsmaschine in den Grubenbezirken soweit entwickelt, daß sie in ihrem allgemeinen Aufbau und auch in vielen Einzelheiten lange Jahre

als Muster für größere Dampfmaschinen angesehen werden konnte. Die Leistung, in gehobenem Wasser ausgedrückt, war gegenüber den besten atmosphärischen Maschinen um mehr als das Doppelte bei gleichem Kohlenverbrauch gestiegen. Diese Wattschen Wasserhaltungsmaschinen wurden die Vorbilder für alle gleichartigen Maschinen des Kontinents. So haben die ersten Wasserhaltungsmaschinen Frankreichs und Deutschlands ausgesehen. Im Prinzip ist keinerlei Verschiedenheit nachzuweisen, und auch in der konstruktiven Anordnung hielt man sich möglichst an die englischen Vorbilder. Während aber um 1800 der englische Maschinenbau durch jahrzehntelange Schulung bereits so weit vorgeschritten war, daß er das Holz fast ganz als Baustoff entbehren konnte, und auch die Gießereitechnik bereits imstande war, verwickeltere Formen fertig zu stellen, hatten z. B. die deutschen Maschinenbauer noch große Herstellungsschwierigkeiten bei ihren Gußstücken zu überwinden. Auch wenn sie die Abmessungen zwei- und dreimal so stark nahmen als die englischen, entsprach ihr Guß doch nicht den Anforderungen; auch an Werkzeugen und geschulten Arbeitern war der englische Maschinenbauer in dieser Zeit wesentlich besser gestellt als der deutsche. Wenn man dies berücksichtigt, so werden die deutschen Maschinen der damaligen Zeit auch den Vergleich mit den englischen aushalten können; sie werden zeigen, wie schnell es die deutschen Kunstmeister verstanden haben, in englischer Schule Fortschritte zu machen und Leistungen aufzuweisen, die mit Recht lange als Meisterwerke betrachtet wurden.

Der Anordnung nach waren die ersten deutschen Wasserhaltungsmaschinen durchgehend normale Balanciermaschinen; nur in der Größe ihrer Abmessungen, allenfalls noch in der Stellung des Kondensators und Luftpumpe, die zuerst in der Nähe der Schachtpumpe, später in der Nähe des Dampfzylinders aufgestellt waren, zeigten sich einige Abweichungen.

Die erste deutsche Wasserhaltungsmaschine, die als Wattsche Niederdruckmaschine dem englischen Vorbilde möglichst genau nachgebaut war, ist von Bückling entworfen und 1785 auf dem König-Friedrich-Schacht bei Hettstedt in Betrieb gesetzt worden. Die Fig. 309 gibt in der Ausdrucksweise jener Zeit ein Bild dieser denkwürdigen Maschine. Der Zylinder war aus Bronze gefertigt, 732 mm weit, 3 m lang. Der Hub betrug rund 2,5 m. Die Maschine machte je nach Bedarf 12 bis 15 Hübe in einer Minute und hob dabei 62 bis 65 rhein. Kubikfuß (1917 bis 2010 kg) Wasser, ungefähr 23 Lachter (48 m) hoch. Für diese Leistung waren in 24 Stunden 60 bis 63 Dresdener Scheffel sächsischer Kohlen nötig, auf unsere Maße umgerechnet ergibt dies rund 26200 mkg für 1 kg Kohle.¹⁾

¹⁾ 1 Dresdner Scheffel = 0,1074 cbm; 1 cbm Kohle wiegt 800 kg. In 1 Stunde wurden also gebraucht 215 bis 225 kg. Die Leistungsangaben der alten Maschinen weichen oft sehr voneinander ab. Über die Leistung der hier genannten Maschine wird auch berichtet: „Die Maschine hebet in einer Minute 18 Mal und gießet auf jeden Hub drei Kubikfuß Wasser. Die Kraft derselben ist übrigens der Kraft von 108 Pferden gleich.“

Trotz der großen Unterhaltungskosten sparte man durch die Feuer-
maschine doch recht erheblich. Um 24 Kubikfuß Wasser in der Minute
zu heben, hatte man früher im Burgörner Bezirk 88 Pferde zum Göpel-
betrieb gebraucht und dafür jährlich 12 320 Taler verausgabte. Der Dampf-
maschinenbetrieb, durch welchen von Anfang an schon fast die doppelte
Menge Wasser gehoben wurde, kostete jährlich nach einer Berechnung aus
dem Jahre 1788 nur 8212 Taler, also trotz der größeren Leistung noch
4108 Taler weniger als die Wasserhaltung durch Pferde. Um eine gleiche
Leistung durch Göpelbetrieb zu erzielen, würde ein Kostenaufwand von
21 560 Talern nötig gewesen sein.

Der kupferne Kessel von etwa 2,6 m Durchmesser und 2,2 m Höhe
hatte eine kugelförmige Haube, war also wie die ersten Kessel der atmo-
sphärischen Maschinen ausgeführt. Ein am Kessel angebrachtes Thermo-
meter wurde benutzt, um die Dampfspannung nach der Temperatur ungefähr
zu bestimmen. Die Dampfverteilung im Zylinder erfolgte durch Ventile, die
in der bekannten Weise von einem Steuerbaume mit Knaggen und Hebeln
bewegt wurden. Zur Regulierung der Leistung wurde die Kataraktsteuerung
benutzt. Die Luftpumpe stand, ähnlich wie bei Watts ersten Maschinen,
ganz in der Nähe des Schachtes. Als Kondensator wurde ein weites Rohr
benutzt, das den unteren Ventilraum mit der Luftpumpe verband. Die
Kraftübertragung wurde durch Balancier und Ketten, an denen der Kolben
hing, vermittelt. Das Gewicht des Pumpengestänges wurde durch ein
Gegengewicht, das an einem besonderen Hilfsbalancier angebracht war, so-
weit ausgeglichen, daß sein Übergewicht gerade noch genügte, den Dampf-
kolben hoch zu heben.

Die Ausführung im einzelnen war nach heutigen Begriffen äußerst
mangelhaft. Werkzeuge und Werkzeugmaschinen standen ja jenen ersten
Dampfmaschinenbauern so gut wie gar nicht zur Verfügung. Eine Drechsler-
wippe, so urwüchsig wie sie heute kaum noch bei einem Dorfstellmacher
zu finden ist, diente zum Abdrehen der Ventile und Spindeln. Für das
Ausbohren oder richtiger gesagt Ausschaben des gußeisernen Luftpumpen-
zylinders benutzte man ein Wasserrad, mit dessen Welle der Bohrer — ein
Eichenklotz, der mit Messern ausgerüstet war — unmittelbar in Verbin-
dung stand.

Die Maschine befriedigte zunächst wenig. Zu der mangelhaften Aus-
führung kam noch eine äußerst ungünstige Anlage der „Feuerstätte“; der
Rost befand sich über $1\frac{1}{2}$ m unterhalb des Kessels. Nachdem man diese
Mängel erkannt und soweit als möglich beseitigt hatte, machte man recht
traurige Erfahrungen mit dem Kesselstein. Der Kessel brannte durch.
Die Untersuchungen ergaben „darauf ein festes Gebirge wohl an die 20 Zoll
(523 mm) hoch“. Nachdem dieser Schaden geheilt war, zeigte sich, daß die
Maschine dem Wasserzufluß der Grube nicht gewachsen war, sie war zu
schwach. Man beschloß jetzt, sich einen neuen größeren Zylinder aus
England zu verschaffen und, wenn es möglich wäre, auch einen erfahrenen

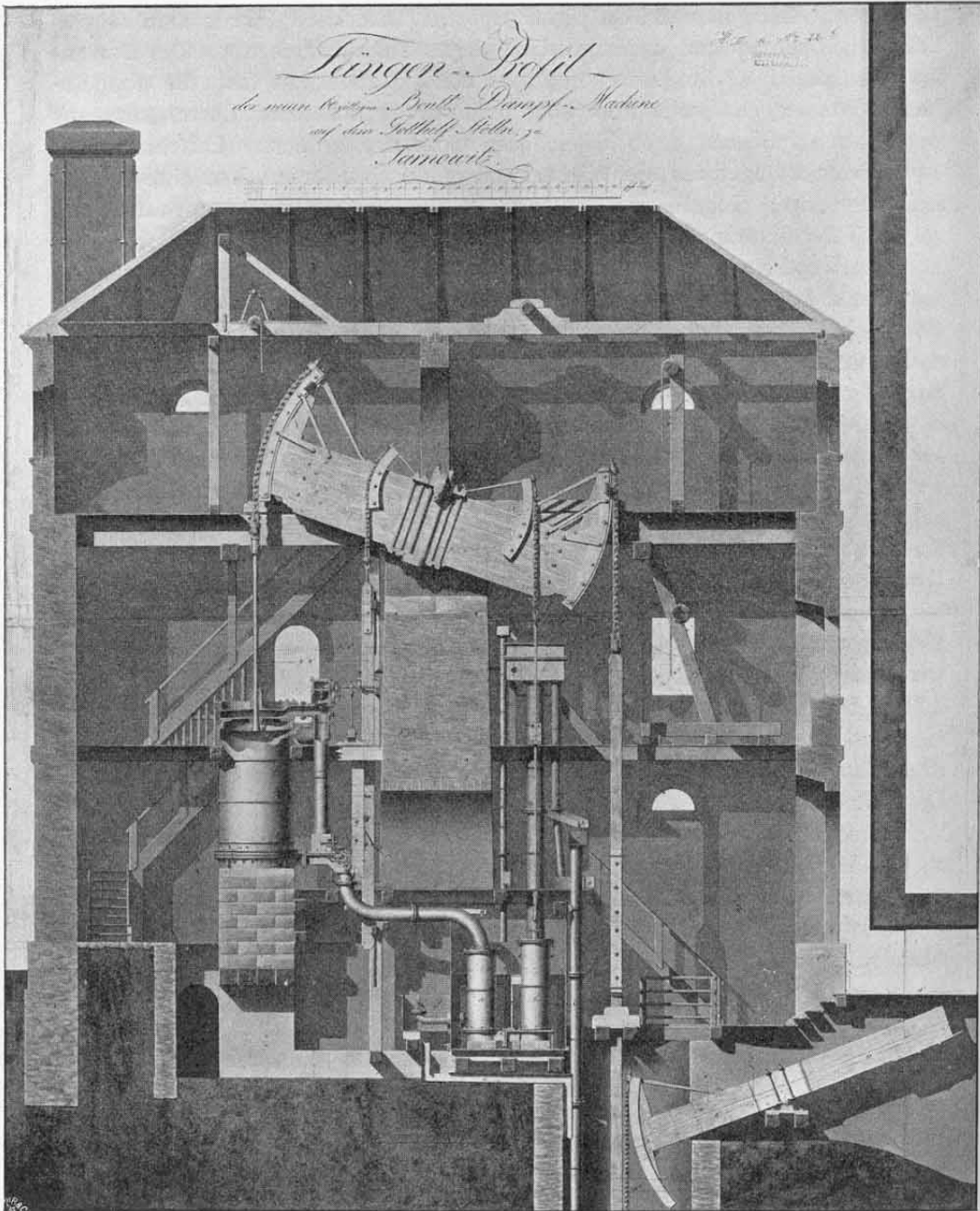


Fig. 310. Dampfniederdruckmaschine von Holtzhausen 1800.

(Originalzeichnung des Königl. Oberbergamts Breslau.)

englischen Maschinenmeister anzustellen. Bückling gelang es, in England diese Wünsche zu erfüllen. Richards wurde der Maschinenmeister dieser Maschine. Über sein Wirken ist bereits auf S. 151 berichtet worden.

Der neue Zylinder war aus Gußeisen, 860 mm weit und 3,65 m lang. Auch neue Kessel, und zwar Wattsche Kofferkessel, fertigte man an, diesmal aus Suhler Eisenblech. Bis 1794 ist die Maschine in dauerndem Betriebe gewesen, dann wurde sie abgebrochen und auf anderen Schächten noch bis 1848 benutzt.¹⁾ Für die Wasserzufüsse der anderen Schächte war sie bei weitem zu groß gewesen und man fürchtete deshalb auch anfangs sehr erhebliche Betriebskosten; dem wurde aber damals von maßgebender Seite entgegengesetzt, daß man die Maschine nur „herabzustimmen“ brauche, um den Kohlenverbrauch zu vermindern.²⁾

Mit dieser ersten Maschine beginnt auch der deutsche Dampfmaschinenbau. Führend auf diesem Gebiete war anfangs Oberschlesien, das für den sich neuentwickelnden Bergbau die neue Kraftmaschine am notwendigsten brauchte. Hier erbaute Holtzhausen eine große Anzahl vorzüglich durchgedachter Maschinen. Seine größte und berühmteste Wasserhaltungsmaschine zeigt Fig. 310.³⁾

Die Maschine, deren Bau in die Zeit von 1799 bis 1802 fällt, hatte 60 Zoll (1524 mm) Zylinderdurchmesser und 8 Fuß (2,44 m) Hub.⁴⁾ Bei 9 bis 12 Hüben in der Minute hob sie 220 bis 260 Kubikfuß (6,23 bis 7,36 cbm) Wasser auf $164\frac{2}{3}$ Fuß (50,2 m) Höhe in der Minute; sie leistete also, in gehobenem Wasser ausgedrückt, rund 75 PS und soll in 24 Stunden 100 Scheffel Kohlen gebraucht haben, das wären 68862 mkg für 1 kg Kohlen.⁵⁾ Die täglichen Betriebskosten stellten sich auf 16 Taler. Der wirksame Kolbendruck wird zu 10 Pfd./Qu.-Zoll (0,7 kg/qcm) angegeben.⁶⁾

1) Der Zylinder dieser ersten Maschine wird heute in der alten kleinen Bergstadt Löbejün aufbewahrt.

2) S. auch Hammer, die erste Wattsche Dampfmaschine, Z. d. V. d. Ing. 1886, und Mitteilungen des Königl. Oberbergamtes Halle.

3) Das Königl. Oberbergamt in Breslau besitzt gerade von den durch Holtzhausen erbauten Dampfmaschinen eine große Anzahl vorzüglich ausgeführter Zeichnungen, die auf einer großen Zahl von Blättern jede Einzelheit der Maschine darstellen, wodurch es möglich ist, sich von diesen ersten deutschen Dampfmaschinen ein sehr genaues Bild zu machen. Die Ausführung der Zeichnungen ist, was Sorgfalt und künstlerische Farbenzusammenstellung anbelangt, geradezu einzig dastehend. Ich bin dem Königl. Oberbergamt zu größtem Danke verpflichtet, daß es mir in jeder Weise das Studium dieser außerordentlich wertvollen Zeichnungen erleichtert hat.

Eine übersichtliche Zusammenstellung über die ersten 8 Dampfmaschinen des Tarnowitzer Bergbaues habe ich in meinem Aufsatz: „Die Einführung der Dampfmaschine in Deutschland“ in der Z. d. V. d. Ing., 1905, S. 1005 angegeben.

4) 1835 wurde die Maschine an die Galmeigrube „Wilhelmine“ bei Scharley verkauft, wo sie noch bis in die 60er Jahre benutzt wurde.

5) Als Steinkohlenmaß galt der Bergscheffel, der „gestrichen“ $1\frac{1}{3}$ Breslauer Zentner (71,37 kg) wog. 1 Breslauer Zentner hatte 123 Pfd. = 53,5 kg (1 Pfd. = 405,54 g).

6) Von dieser 60zölligen Maschine dürfte auch der noch in den Akten vorhandene

Die Dampfverteilung im einfachwirkenden Zylinder besorgen, wie üblich, drei Ventile, zu oberst das Eintrittsventil, dann das Gleichgewichtsventil und schließlich das Austrittsventil. Die Steuerung der Maschine lassen die Fig. 311 und 312 erkennen.

Das Dampfeintrittsventil wurde unter Verwendung von Hebedaumen durch einen als Belastungsgewicht dienenden hölzernen Balken geöffnet, sobald die Steuerung den Hebel freigegeben hatte Fig. 311. Zugleich öffnete sich das Auslaßventil, wenn der Kolben, oben angekommen, einen neuen Hub beginnen sollte. Gleichzeitig wurde das Gleichgewichtsventil, das bei dem Leergang-Aufwärtshub des Kolbens den Dampf, der über dem Kolben seine Wirkung getan hatte, auch unter den Kolben ließ, geschlossen. Diesen Augenblick der Steuerungsbewegung zeigt Fig. 312.

ausführliche Kostenanschlag von besonderem Interesse sein, da er zeigt, mit welchen Preisen der Dampfmaschinenbauer um 1800 zu rechnen hatte:

Kosten-Anschlag.

Dampfzyl., 100 Ztr. Gewicht einschl. Bohren je $7\frac{1}{8}$ Rthl. = 716 Rthl. 16 Gr.
 Ebenso Zyl.-Kolben, Schieberdeckel $7\frac{1}{8}$ Rthl. Einheitspreis, übrige Teile $4\frac{1}{2}$ Rthl.
 Balancier-, Zapfen-Schrauben, pro Pfd. 2 gute Groschen. Andere Schrauben $1\frac{1}{2}$ Gr. pro Pfd.

6 Stück große Balancierketten mit $2\frac{1}{2}$ Zoll starken Schrauben $31\frac{1}{4}$ Ztr., pro Pfd. 3 Gr. = 419 Rthl. 2 Gr. $2\frac{3}{5}$ Pf.

Die schmiedeeisernen Steuerungsteile, Einheitspreis 3 Gr.

Rotgußteile, Balancierlagerschalen, 2 Stück 249 Pfd. schwer, pro Pfd. 12 Gr.

Auch die anderen Teile für Ventile usw. pro Pfd. 12 Gr.

Kupferne Dampfventile, pro Pfd. 16 Gr.

Die Zyl.-Stangen nach dem Abdrehen genau zu feilen und in die Stopfbüchse einzupassen 10 Rthl.

Für Holz, Materialien und Verarbeitung desselben 194 Rthl. 8 Gr.

Darunter 6 Stücke Eichenholz zum Balancier inkl. Führungsringe, pro Stück $8\frac{1}{2}$ Rthl. = 51 Rthl.

Extra sind aufgeführt die Zimmerarbeitslöhne, darunter Balancier aus 6 Stangen Holz zu verarbeiten und mit sämtlichem Eisenwerk zu armieren, wie auch denselben aufzubringen und in das Lot zu richten 70 Rthl.

Zusammenstellung: für Gußware 7233 Rthl. 2 Gr.;

für Schmiede-, mechanische, Gelbgießer- u. Kupferschmiedearbeit 2707 Rthl. 9 Gr.;

für Kitt und Liederungsmaterialien 563 Rthl. 3 Gr.;

für Holzmaterialien und deren Bearbeitung 327 Rthl. 20 Gr.;

rund 10832 Rthl.;

für Montierung der Maschine 237 Rthl.;

für Aufsetzung der Schachtsätze 133 Rthl.

Zusammensetzung:

Errichtung des Maschinen- und Kesselgebäudes	3 543 Rthl. 17 Gr.
Für Errichtung der Öfen und Kessel	5 900 „ 17 „
Kosten der Maschine rund	10 832 „ — „
Für Zusammenstellung und Errichtung der Maschine	1 024 „ 2 „
Summa rund	<u>21 300 Rthl. — Gr.</u>

Aufgestellt von Holtzhausen, 16. März 1799, revidiert von Bückling, 1. April 1799.

Das Gleichgewichtsventil links ist noch geöffnet, das Austrittsventil, rechts unten, noch geschlossen. Der Kolben und mit ihm der Steuerbaum F bewegen sich noch aufwärts; dadurch wird der lange Hebel der oberen Steuerwelle aufwärts gedrückt. Das Überfallgewicht fällt nach links herüber, das Gleichgewichtsventil wird plötzlich geschlossen, gleichzeitig wird die hornartige Klinke mit Hilfe des am Überfallgewicht angebrachten Lederriemens weggezogen, das unten neben dem Steuerbaum sichtbare gußeiserne Gewicht wird frei und öffnet mittels der deutlich sichtbaren Hebelübertragung das Austrittsventil. Gleichzeitig wird durch diese Drehung der Steuerwelle auch das Einspritzventil des Kondensators geöffnet, eine Vorrichtung, die unter D näher zu ersehen ist.

Bei früheren Maschinen fehlte, ebenso wie bei den ersten Wattschen Maschinen, wohl auch das Gleichgewichtsventil und man begnügte sich mit zwei Ventilen.

Katarakte zur Regulierung der Maschine durch Hubpausen fehlen bei diesen Maschinen; wohl aber kommt bei der besprochenen 60-zölligen Maschine eine Vorrichtung vor, bei der

das Auslösen der Klinke und damit das Öffnen des Austrittsventils und Eintrittsventils mittels eines Schwimmers vom Wasserstand unten im Schacht abhängig war.

Zylinder und Steuerung nebst Kondensation von einer durch Holtzhausen 1804 erbauten Maschine zeigt die Fig. 313. Der Zylinder hat 24 Zoll (609,5 mm) und 7 Fuß (2,13 m) Hub. Die Maschine hob bei 14 bis 16 Hüben in der Minute 26 bis 30 Kubikfuß (0,74 bis 0,85 cbm) Wasser auf 174 Fuß (53 m) Höhe; sie leistete somit in gehobenem Wasser ausgedrückt rund 9 PS und verbrauchte 24 Scheffel Kohlen in 24 Stunden (mit 1 kg 35422 mkg), woraus sich 3 Taler 11 Groschen als tägliche Betriebskosten ergaben.¹⁾

Eine von Richards 1813 ausgeführte Wasserhaltungsmaschine, deren

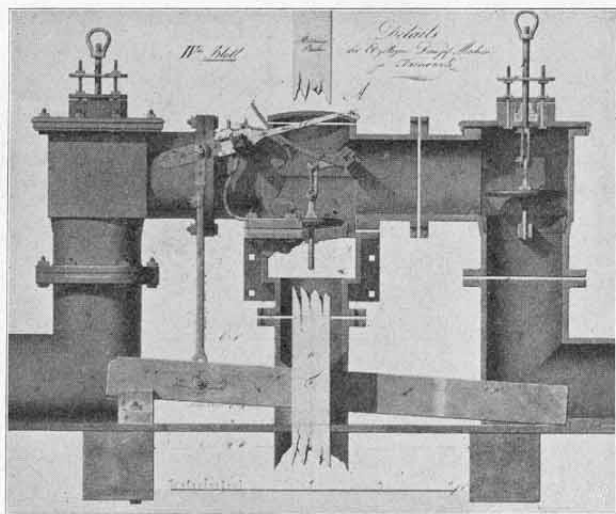


Fig. 311. Steuerung zur Maschine Fig. 310 um 1800.
(Originalzeichnung des Königl. Oberbergamts Breslau.)

¹⁾ Die Maschine war bis zum 19. August 1876 auf verschiedenen Schächten in Benutzung und wurde dann als „Reliquie aus alter Zeit“ aufbewahrt. 1898 ist sie wegen Platzmangel als altes Eisen verkauft worden.

Zylinder und Steuerung jetzt im Deutschen Museum aufbewahrt wird, zeigt nach einer Photographie auf ihrem jetzigen Standorte die Fig. 314. Sie hat 36,6 Zoll (930 mm) Zylinderdurchmesser bei 96 Zoll Hub (2,44 m) und machte 12 Hübe in der Minute. Bei einem wirksamen Kolbendruck von 10 Pfd./Qu.-Zoll (0,7 kg/qcm) leistete sie etwa 30 PS.¹⁾

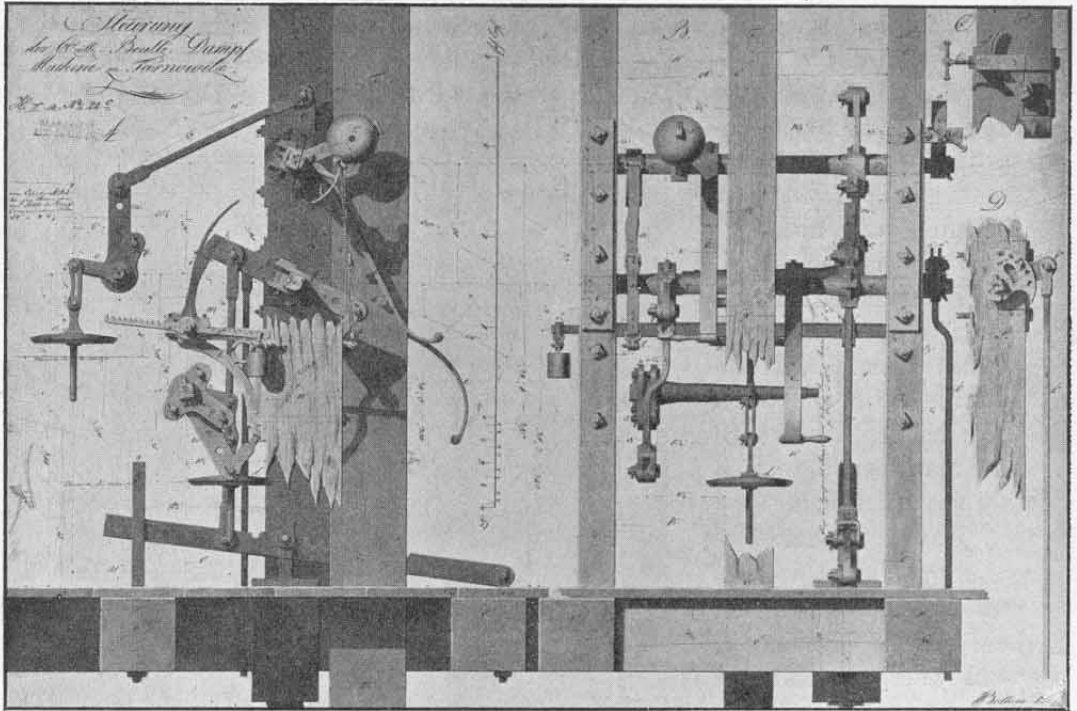


Fig. 312. Steuerung zur Maschine Fig. 310.
(Originalzeichnung des Königl. Oberbergamts Breslau.)

Eine 1806 von Dinnendahl angewandte Steuerung an Wasserhaltungsmaschinen, die insofern etwas von den anderen Ausführungen abweicht, als hier die Ventilbewegungshebel an einer senkrechten Stange vereint sind, die von unten durch einen mit Rollen versehenen Hebel gehoben werden, zeigt Fig. 315.²⁾

¹⁾ Die Maschine stand zuletzt auf dem W-Schacht bei Eisleben. Z. Berg-, Hütten-, Sal.-Wes. 1855, S. 151, Nr. 11.

Wie bedeutsam die Wasserhaltungsmaschine im preußischen Bergbau war, ist daraus zu ermesen, daß von den 58 Dampfmaschinen, die 1826 im preußischen Bergbau tätig waren, allein 40 auf Wasserhaltung kamen. 1852 wurden die Kosten der Dampfmaschinenanlagen im preußischen Bergbau zu rund 7 Mill. Taler angegeben, von denen allein etwas über 5 Mill. Taler auf Wasserhaltungsmaschinenanlagen kamen.

²⁾ Die Skizze ist nach einer im Besitz von Fried. Krupp in Essen noch befindlichen schematischen Zeichnung der Steuerung angefertigt. Die Steuerung gehört zur ersten Wasserhaltungsmaschine der Zeche Sälzer & Neuack. s. auch meinen Aufsatz über Franz Dinnendahl, Z. d. V. d. Ing. 1903, S. 589.

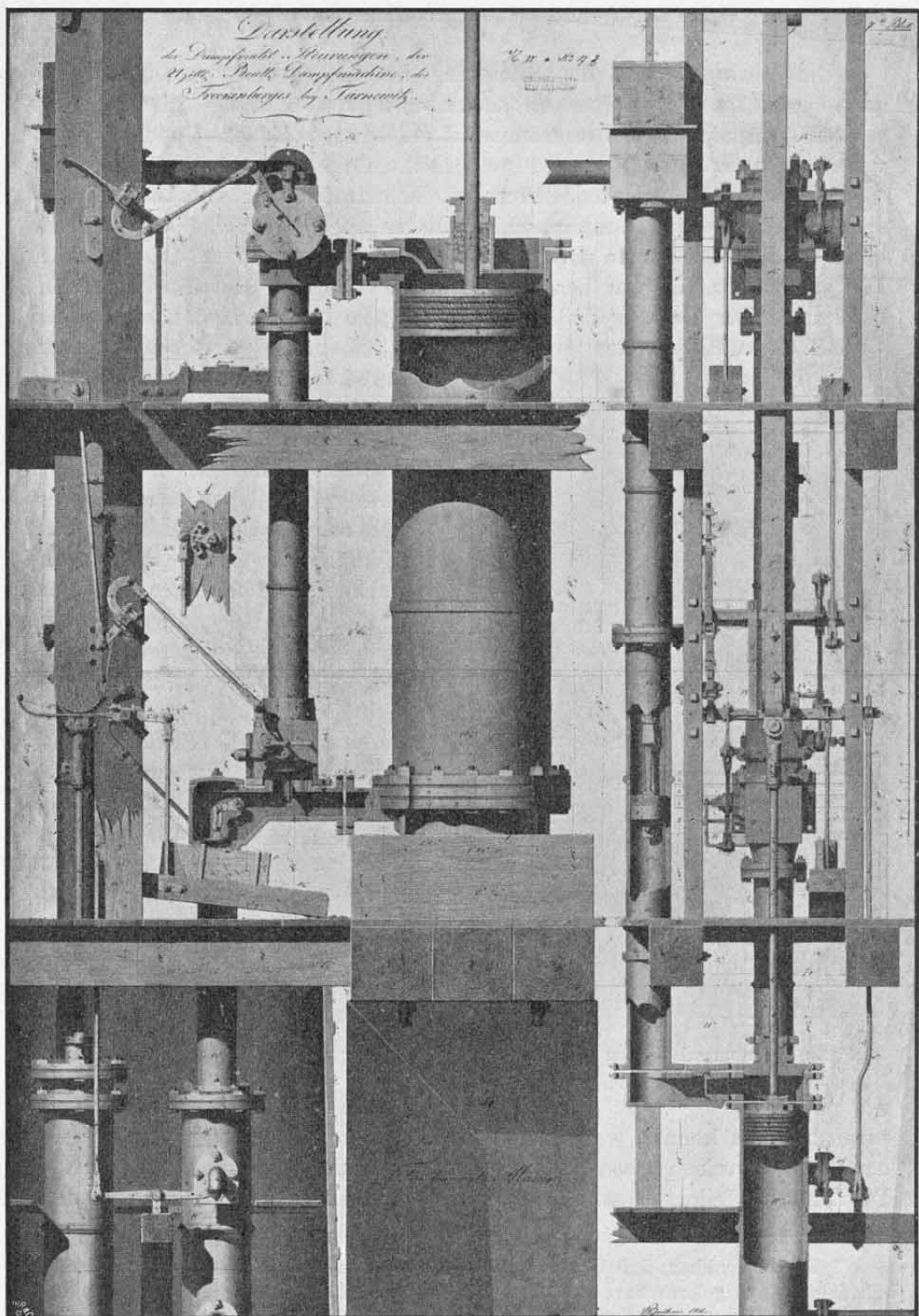


Fig. 313. Zylinder und Steuerung einer von Holtzhausen 1805 erbauten Wasserhaltung.
 (Originalzeichnung des Königl. Oberbergamts Breslau.)

Die Wirkungsweise der Steuerung ist die gleiche wie vorher beschrieben. Ist der Kolben in seiner untersten Stellung angelangt, so werden Dampfein- und -ausströmventil geschlossen und das Gleichgewichtsventil geöffnet.

Brendel, der bedeutende sächsische Kunstmeister, erbaute um 1807 eine sehr bemerkenswerte Dampfmaschine, die so angeordnet war, daß man sie leicht auseinandernehmen und an einem anderen Ort wieder aufstellen konnte, Fig. 316 bis 319. Es war bereits eine doppelwirkende Maschine mit Drehbewegung. Der Dampfzylinder steht auf einem gußeisernen, kastenartigen Gestell. Vom Kolben aus wurde die Kraft auf einen Evansschen Balancier

mit Lenkerführung übertragen.¹⁾

Neben den Kolbenstangen griffen zwei gußeiserne Flügelstangen an dem Balancier, die auf zwei mit großen Gegengewichten versehenen Kurbeln der unter dem Zylinder liegenden Kurbelwelle arbeiteten. Von dieser Welle aus wurde durch Kegelräder das merkwürdigerweise wagerecht unter der Maschine angebrachte Schwungrad und durch ein Stirnradvorgelege die eigentliche Arbeitswelle angetrieben; durch Kurbel und Feldgestänge wurde von hier aus die Pumpe betrieben. Gleichzeitig konnte auch, und das war der Zweck der Anordnung, eine Drehbewegung zum Antrieb von Arbeitsmaschinen oder Fördermaschinen von der Maschine abgeleitet werden. Da die Maschine auch so eingerichtet war, daß sie sowohl nach der einen wie nach der anderen Rich-

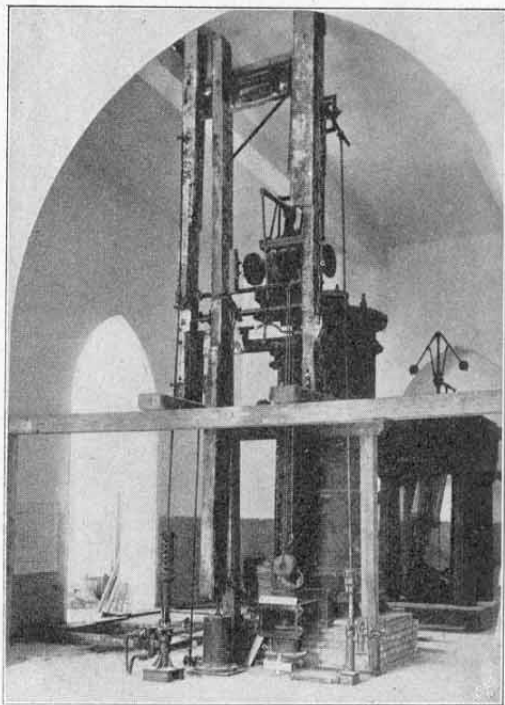


Fig. 314. Pumpmaschine von Richards 1813.
(Deutsches Museum, München.)

tung umlaufen konnte, war der Absicht des Konstrukteurs, sie für alle nur denkbaren Zwecke verwenden zu können, jedenfalls weitgehend entsprochen. Die Dampfverteilung geschah durch Kolbenschieber. Die ganze Steuerung,

¹⁾ Es ist denkbar, daß Brendel auf seiner englischen Reise bereits diese Lenkerführung kennen gelernt hat; in seinem Bericht findet sich allerdings nichts vermerkt. Es ist deshalb auch möglich, daß Brendel sie unabhängig von Evans erfunden hat. Jedenfalls dürfte es die erste Dampfmaschine des Festlandes sein, bei der diese bemerkenswerte Lenkerkonstruktion angewendet wurde.

Fig. 316 und 317, hatte viel Ähnlichkeit mit der bei Wassersäulenmaschinen üblichen. Im besonderen war sie der Steuerung der Reichenbachschen Wassersäulenmaschine sehr ähnlich, die aber erst ein Jahr nach der Inbetriebsetzung der Brendelschen Maschine ausgeführt wurde.¹⁾

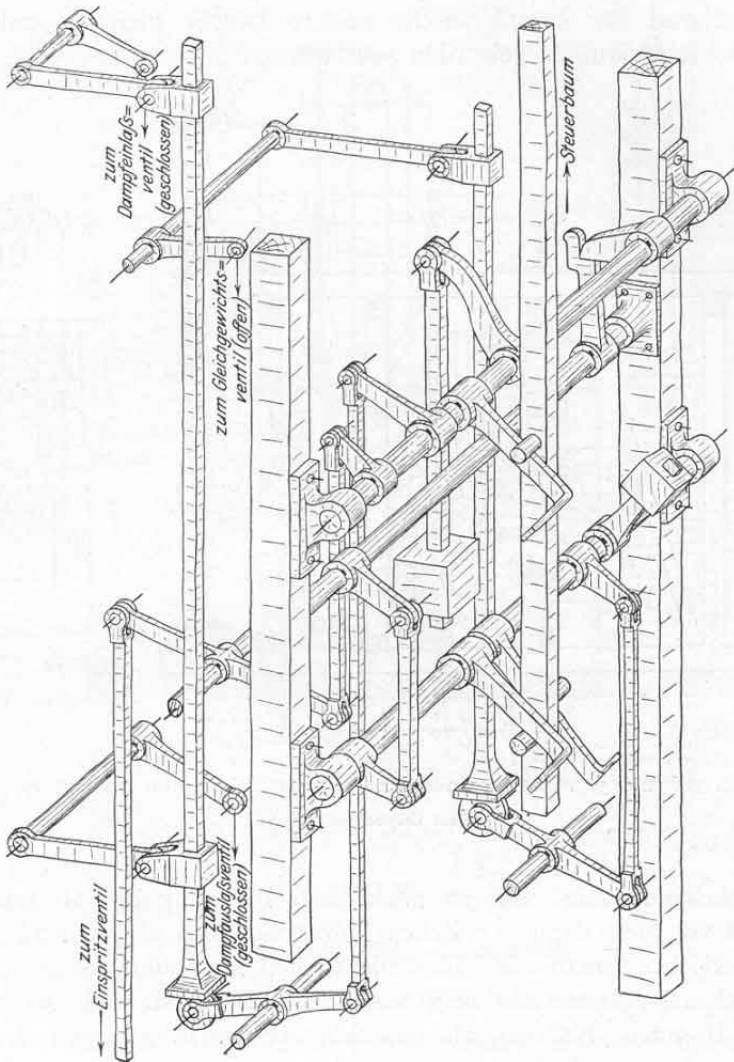


Fig. 315. Steuerung zu einer Pumpmaschine von Dinnendahl 1806.

Die Kolbenschieber, die in besonders eingesetzten Rotgußbüchsen liefen, wurden durch eine unrunde Scheibe von der Kurbelwelle mit Hebeln angetrieben.

¹⁾ Vor Brendel war in Freiberg aber bereits 1774 eine Wassersäulenmaschine mit Kolbensteuerung ausgeführt worden, die Brendel jedenfalls bekannt war.

Ursprünglich beabsichtigte Brendel, statt der Steuerscheibe nur einfache Bolzen, die senkrecht zur Bewegungsebene seitwärts an die Kurbel oder Lenkstange angeschraubt werden sollten, anzuwenden. „Diesen Weg verließ ich jedoch“, berichtet Brendel, „weil nicht nur eine dabei vorkommen könnende Abweichung zu Stößen geführt haben, sondern auch das Schwungrad für irgend welche andere Zwecke nicht in entgegengesetzter Richtung laufbar geworden sein würde.“

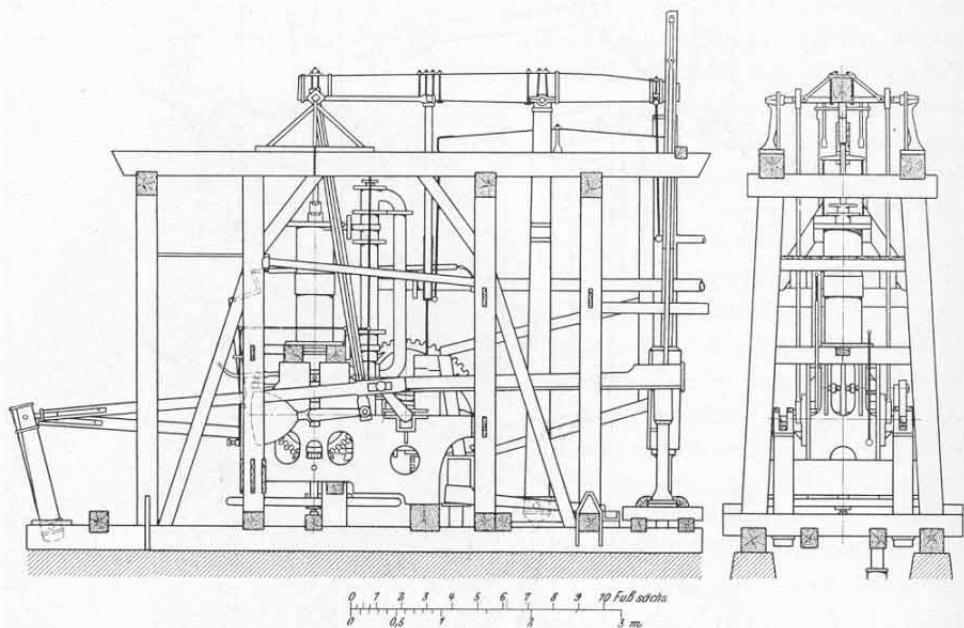


Fig. 316 und 317. Ortsveränderliche Dampfmaschine von Brendel 1807.

(Nach Originalzeichnung.)

Die Maschine zeigt sich so nach jeder Richtung hin als sehr durchdacht und von den damals üblichen Konstruktionen abweichend.

Berücksichtigt man die außerordentlichen Herstellungsschwierigkeiten, die Brendel selbst auch sehr hervorhebt, so läßt gerade diese Maschine um so mehr Brendels Können als Maschinenbauer in rechtem Lichte erscheinen.¹⁾

¹⁾ Originalzeichnungen von dieser Maschine befinden sich im Besitz von Professor Roch in Freiberg, der sie auf großen Tafeln mit sehr interessanter Beschreibung im Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreiche Sachsen 1905 veröffentlicht hat. Auch die Saline Dürrenberg, auf der seinerzeit diese Maschine erbaut wurde, besitzt sehr gut ausgeführte Zeichnungen dieser Maschine, die mir durch das Königl. Oberbergamt Halle zum Studium überlassen wurden. Biographische Angaben über Brendel s. S. 162.

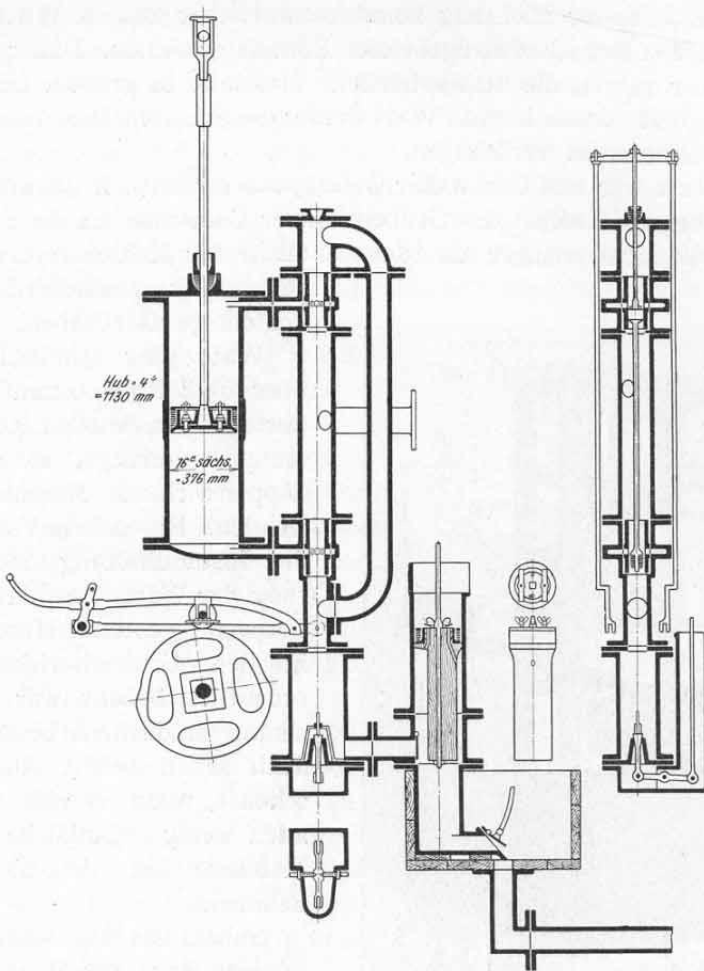


Fig. 318 und 319. Steuerung zur Maschine Fig. 316.

B. Die Cornwall-Maschine.

a) Allgemeines. Die ersten direkt wirkenden Pumpmaschinen.

Cornwall, die südwestlichste Provinz Englands, mit ihren uralten Kupfer- und Zinngruben ist lange Zeit das klassische Land des Dampfmaschinenbaues gewesen. Hier auf den einsamen Gruben hat sich ein großes Stück bedeutsamer Geschichte des Dampfmaschinenbaues abgespielt. Die Cornwall'schen Wasserhaltungsmaschinen galten in wärmetechnischer Beziehung lange Zeit als unerreichbares Vorbild. Auch hier hatte die Not den stetigen Fortschritt außerordentlich gefördert. Hohe Kohlenpreise waren in dem kohlenarmen Lande selbstverständlich und bildeten oft den Hauptfaktor im Haushaltsplan der einzelnen Gruben. Jede Verbesserung der Dampf-

maschine nach dieser Richtung konnte unmittelbar auf die Wirtschaftlichkeit des ganzen Betriebes maßgebenden Einfluß gewinnen. Daher gelang es Smeaton hier zuerst, die atmosphärische Maschine in großem Umfange zu verbessern, und ebenso konnte Watt wieder die Smeaton-Maschine in kurzer Zeit fast vollkommen verdrängen.

Für Watt war das Cornwall-Gebiet außerordentlich gewinnbringend. Von 1778 bis 1800 sollen die Grubenbesitzer Cornwalls an die Sohoer Maschinenfabrik nicht weniger als 18000 £ allein für Kohlenersparnis, ungeachtet der eigentlichen Maschinenkosten, gezahlt haben.

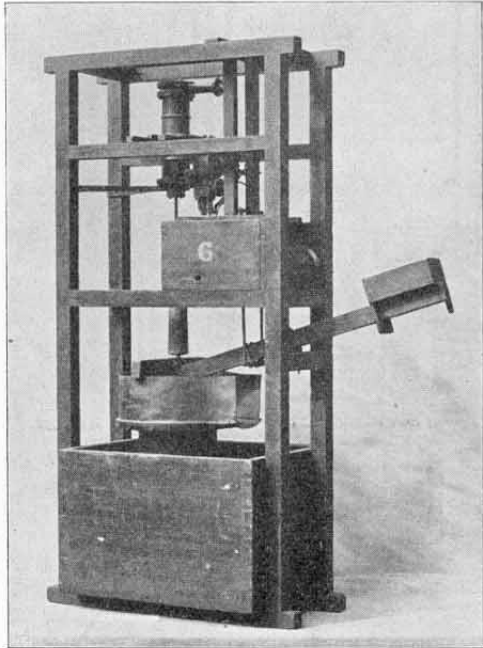


Fig. 320. Modell einer direkt wirkenden Pumpmaschine, gefertigt von Watt 1765/66.

(Victoria and Albert-Museum, Kensington-London.)

Die Folge davon war eine vollkommene Vernachlässigung der Anlagen; die Leistung sank zusehends von Jahr zu Jahr. Erst Trevithick von 1806 an, dann die anderen Cornwall-Ingenieure, wie Woolf und Sims, Lean und Grose, brachten die Cornwall-Maschine zu ihrer Berühmtheit.¹⁾

¹⁾ Als wichtigste Quellen für die folgenden Ausführungen sind eingehend benutzt worden: W. Pole, *The Cornish pumping engine*, London 1844, Appendix G. to the new edition of *Tredgold*. Ferner: Thomas Lean, *An historical Statement of the Improvement made in the Duty performed by the Steam Engines in Cornwall from 1814 up to the present time*, 1838. Galloway, *History and progress of the Steam engine with Appendix* by L. Herbert, London 1863. Über Trevithicks Arbeiten ist auch auf diesem Gebiete die wichtigste Quelle: F. R. Trevithick, *Life of Richard Trevithick with an account of his inventions*, London 1872.

Watt ging gewöhnlich nicht über 63 Zoll (1600 mm) Zylinderdurchmesser, wurden größere Leistungen verlangt, so suchte er doppelwirkende Maschinen anzuwenden. Besonderes Verdienst für die Instandhaltung und Einführung der Wattschen Maschinen in Cornwall gebührt Murdock, der in den Grubenbezirken außerordentlich beliebt war. Er galt als unermüdliche Arbeitskraft, der auch einen neuen Anzug nicht scheute, wenn es galt, persönlich auch wenig zugängliche Teile der Maschine in Augenschein zu nehmen.

Sobald das Wattsche Patent erloschen war, zog Watt seine Ingenieure und Beamten zurück; die Maschinen wurden wenig geübt, unwissenden Wärtern überlassen.

Neben der Wattschen normalen Anordnung entstand hier in Cornwall auch die sogen. direktwirkende Maschine (inverted engine). Der Zylinder war hierbei über dem Schacht so aufgestellt, daß die Kolbenstange unmittelbar an dem Pumpengestänge angreifen konnte. Auch diese Anordnung geht übrigens in ihrer ersten Form bis auf Watt zurück. Er hatte diese direktwirkende Pumpmaschine 1765 oder 1766, als er seinen vom Zylinder getrennten Kondensator einführte, vorgeschlagen. Ein von Watt angefertigtes, im Kensington-Museum aufbewahrtes Modell zeigt die Anordnung, Fig. 320. Die Wirkungsweise der Maschine änderte sich nicht; nur war hier der Aufwärtsgang des Kolbens der Arbeits-

hub. Die Steuerungsbewegung wurde von einem unter dem Zylinder angebrachten Hilfsbalancier abgeleitet, der einen Teil des Gestängegewichtes auszugleichen hatte. Das Ausströmröhr diente hier zugleich als Einspritzkondensator. Watt selbst hatte von der praktischen Ausführung dieses Konstruktionsgedankens im großen ganz abgesehen; es waren Cornwaller Ingenieure, und zwar William Bull und sein Sohn Edward, die zusammen mit Trevithick mehrere bedeutende Wasserhaltungsmaschinen dieser Bauart zuerst in Cornwall errichteten. Weitere Ausführungen aber wurden noch wenige Jahre vor dem Erlöschen des Wattschen Patentes durch die von der Sohoer Firma durchgeführten Patentprozesse verhindert. Nach ihrem ersten Erbauer wurden diese Maschinen auch als „Bull-Maschinen“ bezeichnet. Ihre äußere Anordnung zeigt nach einer Zeichnung von Trevithick Fig. 321. Der Zylinder hing, auf zwei mächtige eichene Balken gestützt, über dem Schacht, so daß die Kolbenstange unmittelbar am Pumpengestänge angreifen konnte. Ein unter der Maschine angebrachter Balancier hatte einen Teil des Gestängegewichtes auszugleichen. Von ihm aus wurde auch die Luftpumpe und der Steuerbaum bewegt. Das Auspuffröhr diente zugleich als Kondensator. Außer bei den Gruben in Cornwall waren auch einige derartige Maschinen bei dem Londoner Wasserwerke im Betrieb. Diese direktwirkenden Maschinen waren wesentlich billiger und einfacher als die normale Anordnung mit obenliegendem Balancier. Allerdings verbauten sie etwas den Schacht, was man zu vermeiden suchte, indem man den Zylinder möglichst hoch über der Schachttöffnung aufstellte.

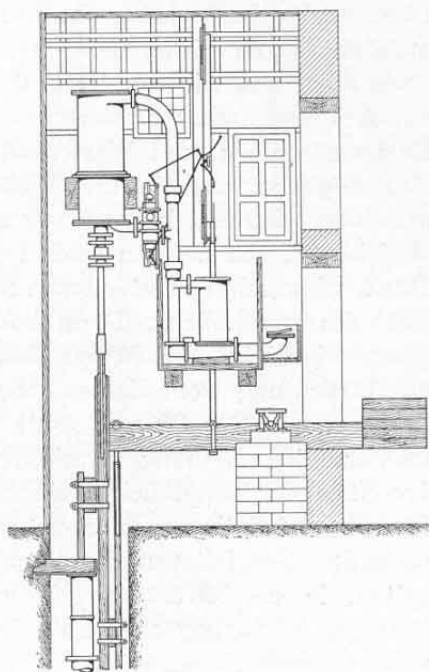


Fig. 321. „Bull-Maschine“ um 1800.

(Nach F. Trevithick, *The life of R. Trevithick*, London 1872.)

Der Zylinder hing, auf zwei mächtige eichene Balken gestützt, über dem Schacht, so daß die Kolbenstange unmittelbar am Pumpengestänge angreifen konnte. Ein unter der Maschine angebrachter Balancier hatte einen Teil des Gestängegewichtes auszugleichen. Von ihm aus wurde auch die Luftpumpe und der Steuerbaum bewegt. Das Auspuffröhr diente zugleich als Kondensator. Außer bei den Gruben in Cornwall waren auch einige derartige Maschinen bei dem Londoner Wasserwerke im Betrieb. Diese direktwirkenden Maschinen waren wesentlich billiger und einfacher als die normale Anordnung mit obenliegendem Balancier. Allerdings verbauten sie etwas den Schacht, was man zu vermeiden suchte, indem man den Zylinder möglichst hoch über der Schachttöffnung aufstellte.

Aber nicht diese Änderung in der äußeren Anordnung, die damals noch selten benutzt wurde, war das Wesentliche der Cornwall-Maschine, erst die Einführung höheren Dampfdruckes und die ausgedehnte Anwendung der Expansion machte die Cornwall-Maschine berühmt. Das Verdienst, hierzu den Anstoß gegeben zu haben, gebührt wieder Richard Trevithick.

b) Trevithicks Hochdruck-Plungermaschine.

Im Herbst 1810 kehrte Trevithick in seine Heimat nach Cornwall zurück. Zehn harte Jahre im Kampf um die Einführung der Hochdruckmaschine lagen hinter ihm; reich an Erfahrungen wollte er sich jetzt daran machen, die von ihm als richtig erkannten Grundsätze des hohen Druckes und hoher Expansion auch auf die größten damals bekannten Dampfmaschinen, auf Wasserhaltungsmaschinen, anzuwenden. Er wollte eine möglichst einfache und leicht herstellbare und billige Wasserhaltungsmaschine schaffen, bei der vor allem auch die Schwierigkeit der Kolbenabdichtung, die bei den großen Wattischen Maschinen auch bei niedrigem Druck schon sehr bedeutend war, möglichst beseitigt wurde. So kam er darauf, statt des gewöhnlichen Dampfkolbens einen Plungerkolben (plungerpole),¹⁾ genau wie er bei den Pumpen häufig gebraucht wurde, anzuwenden, um so die Abdichtung vom Kolben nach einer leicht zugänglichen Stopfbüchse zu verlegen. Der Plunger sollte nur soviel kleiner als der Arbeitszylinder sein, daß jede Reibung vermieden wurde und der Dampf, falls er oben in der Nähe der Stopfbüchse eintrat, in dem ringförmigen Raum zwischen Plunger und Zylinderwandung noch genügend Durchgangsquerschnitt hatte. Besondere Sorgfalt war der Stopfbüchse gewidmet; sie war sehr lang gehalten, in der Mitte der gewöhnlichen Packung lag ein mit einer kreisförmigen Vertiefung auf seiner Innenseite versehener Metallring, der mit Wasser unter Kesseldruck oder von der Druckpumpe aus in Verbindung stand. Hierdurch sollte die Reibung vermindert und sicheres Dichthalten erreicht werden. Die Maschinen konnten mit und ohne Kondensation arbeiten. Häufig wurde diese Maschine unmittelbar über dem Schacht aufgestellt. Der Plunger stieß nach oben aus, er vermehrte somit das Gestängegewicht, was für die Expansion oft wünschenswert war, und übertrug die Kraft von einem Querhaupt, das zwischen Gleitbahnen geführt wurde, unmittelbar auf das Pumpengestänge.²⁾ Ein Hilfsbalancier, dessen Belastungsgewicht entsprechend verändert werden konnte, diente soweit als notwendig zum Ausgleich des Gestängegewichtes, von ihm aus wurde auch der Steuerbaum und, falls vorhanden, die Luftpumpe angetrieben. Fig. 322 zeigt eine dieser ersten Trevithickschen Hochdruck-Expansions-

¹⁾ Der Plunger wird in Cornwall auch als „pole“ oder „plunger pole“ bezeichnet.

²⁾ Eine Anordnung, die für atmosphärische Maschinen Hindley of York schon 1762 vorgeschlagen hatte. s. Abridg. Steam engine I, S. 53.

plungermaschinen, die 1811 auf der Wheal-Prosper-Grube zu Cornwall in Betrieb kam.

Der Kolben hatte 16 Zoll (406 mm) Durchmesser bei 8 Fuß (2,4 m) Hub; der Anfangsdruck betrug 7, der Enddruck 0,7 kg/qcm. Die ganze Maschine kostete 16000 Mk. 1813 wurde bei dieser Maschine mit 1 Scheffel Kohlen eine doppelt so hohe Leistung als bei den anderen Maschinen nachgewiesen. 1814 wurde auf der Herland-Grube eine Plungermaschine von 30 Zoll (762 mm) Durchmesser und 10 bis 12 Fuß (3 bis 3,6 m) Hub in Betrieb gesetzt, die 18 Hübe in der Minute machte und mit 150 Pfd./Qu.-Zoll (10,5 kg/qcm) Überdruck arbeitete.

Am 6. Juni 1815 erhielt auch Trevithick ein Patent (Nr. 3922) auf seine Plungermaschine, von der er die besten Ergebnisse durch mehrjährige Erfahrung nachweisen konnte. Es galt aber nicht nur Dampfmaschinen für Hochdruck, sondern zunächst vor allem auch Dampfkessel zu bauen, da die Wattschen ungeheuren Kofferkessel mit den riesigen flachen Wänden einer derartigen Drucksteigerung naturgemäß nicht gewachsen waren.

Trevithick baute Walzenkessel mit Unterfeuerung, später auch mit Innenfeuerung. Die Walzenkessel seiner ersten Plungermaschinen bestanden aus zwei 3 Fuß (0,91 m) weiten und 40 Fuß (12,2 m) langen schmiedeeisernen Röhren.

Die Flammrohrkessel auf der Herland-Grube hatten 5 bis 6 Fuß (1,52 bis 1,83 m) äußeren Durchmesser bei ebenfalls 40 Fuß (12,2 m) Länge. Das Flammrohr war 3 Fuß (0,91 m) weit.

Diese Kessel herzustellen war anfangs besonders schwierig. Die größten Blechtafeln waren 3×1 Fuß ($0,91 \times 0,3$ m). Das Blech wurde freihändig in die Rundung gehämmert. So brauchte man oft 4 bis 5 Monate, um einen Kessel fertigzustellen. Nicht minder schwierig war es, sie dauernd dicht zu halten. Es gehörte die Ausdauer und oft auch der persönliche Mut eines Trevithick dazu, um bei dem aus allen Fugen dampfausblasenden Kessel den Mut nicht zu verlieren.

Außerordentlich schwierig war es ferner, den im Zylinder bei der Benutzung der Expansion wechselnden Dampfdruck der gleichbleibenden Pumpenleistung anzupassen. Bei diesen oft gewaltigen Maschinen ohne

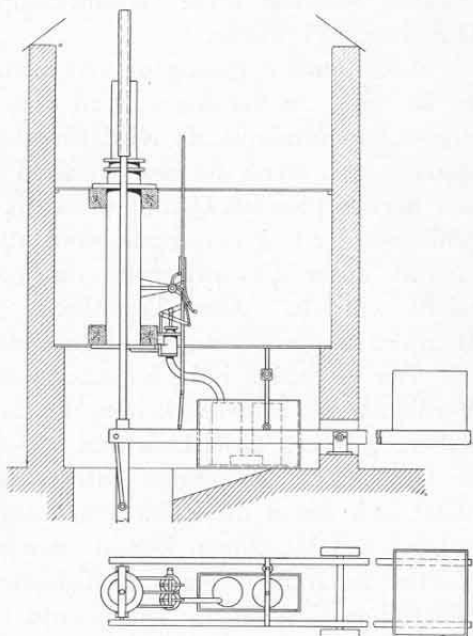


Fig. 322. Trevithicks Plungermaschine 1811.
(Nach F. Trevithick, *The life of R. Trevithick*, London 1872.)

Hubbegrenzung war es ein hoher Befähigungsnachweis technischen Könnens, die bewegten Massen zum Ausgleich der Druckunterschiede so heranzuziehen, daß sogar bei 8- und 10facher Expansion ein geordneter Betrieb noch möglich war.

Auch die Kompression des Dampfes verstand Trevithick zu benutzen, um bei dem Hubwechsel eine möglichst sanfte Hubbegrenzung zu erhalten. Bei einigen Ausführungen ging er anfangs so weit, zwischen Ventil und Zylinder einen Dampfbehälter einzuschalten, dessen Dampf der Plunger am Ende seines Abwärtsganges fast bis zur Kesselspannung zusammenpreßte, wodurch seine Geschwindigkeit aufgezehrt und ohne Stoß der Hub beendet wurde.

Nicht immer gelang es von vornherein, den Stoß zu vermeiden, und es ist wohl zu verstehen, daß den alten Maschinenmeistern, die an ihre ruhige, langsamlaufende Niederdruckmaschine gewöhnt waren, nicht wohl zumute war, wenn sie den großen Plunger der Trevithick-Maschine durch den hochgespannten Dampf plötzlich emporschnellen sahen und beim Ausprobieren der Gegengewichte wohl auch Zeuge waren, mit welcher ungeheurer Gewalt unter Erschütterung des ganzen Gebäudes die Hubendlagen erreicht wurden. Aber Trevithick, von der Bedeutung hochgespannten Dampfes bei gleichzeitiger weitgehender Expansion überzeugt, ließ nicht nach.

Der Gedanke, hohe Expansion zu verwenden, war nicht neu, aber das Verdienst, die Schwierigkeiten, die damit verbunden waren, überwunden zu haben, gebührt Trevithick und seinen Schülern. Auf eigene Gefahr mußte er seine ersten Maschinen bauen und in Betrieb setzen; und ähnlich wie Watt sich durch die Kohlenersparnis seiner Maschinen gegenüber den atmosphärischen Maschinen bezahlt machte, so kam jetzt Trevithick auf seine Kosten durch die bedeutsame Kohlenersparnis seiner Maschine gegenüber den Wattschen Maschinen. Der Kampf um die Hochdruck-Expansionsmaschine war entbrannt, und auch der passive Widerstand der Maschinenmeister, der sich öfters so stark bemerkbar machte, daß Trevithick es für gut fand, lieber neue Leute anzulernen, als durch die alten die Erfolge seiner Maschine in Frage zu stellen, konnte die Entwicklung nicht mehr aufhalten.

c) Anwendung weitgehender Expansion auf die normale Maschine.

Die Grubenbesitzer Cornwalls, die durch außerordentlich billige Kupferpreise im Anfang des vorigen Jahrhunderts so gelitten hatten, daß sie eine Anzahl Gruben aufgeben mußten und ihre Maschinen zum Teil arg verfallen ließen, hatten sich auch geschäftlich so weit wieder erholt, daß sie das größte Interesse an jeder Betriebsersparnis nahmen. 1811 stellten sie gemeinsam einen Ingenieur an, Lean mit Namen, der die Maschinenanlagen der einzelnen Gruben regelmäßig untersuchen und darüber Bericht erstatten sollte. Sie wollten auf diese Weise sich nach Möglichkeit Klarheit über die besten Leistungen verschaffen, diese besonders belohnen, und da-

durch zur guten Instandhaltung und Wartung der Maschine aufmuntern, aus der sie sich mit Recht eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit versprachen. Sie erreichten ihren Zweck. Es wurde fast zum Sport, die beste Leistung zu erzielen, und es wurden so geringe Kohlenverbrauchsziffern erreicht, daß man selbst in englischen technischen Kreisen an der Ehrlichkeit der Untersuchung zweifelte.

Leans Untersuchungen und Berichte führten auch schnell den Erfolg der Trevithickschen Verbesserung einwandfrei allen Interessenten vor Augen. Hatte Watts 72zöllige (1829 mm) Maschine auf der Herland-Grube 20 Mill. Fußpfund mit 84 Pfund Kohlen gehoben, (72569 mkg für 1 kg) so erreichte Trevithick bereits 57 Mill. (206820 mkg für 1 kg). Dabei kostete seine Maschine 700 £ gegenüber 2100 £ der Wattschen. Die durchschnittliche Leistung von 12 Maschinen betrug 1811 etwa 17 Mill. Fußpfund (61683 mkg für 1 kg). Alle Gruben suchten jetzt Trevithicks Verbesserungen zu folgen. Wattsche Maschinen wurden vielfach in der Weise umgebaut, daß neben dem großen Zylinder Trevithicks Plungermaschine aufgestellt wurde, der Hochdruckdampf also, nachdem er unter dem Plungerkolben mit Expansion gearbeitet hatte, noch im Niederdruckzylinder zur Wirkung gelangte.

Bald aber kam man auch dahin, höheren Druck mit Expansion in der gewöhnlichen Dampfmaschine zu verwenden. Die Grubenbesitzer verstanden es, in Verbindung mit anderen Ingenieuren sich die Erfahrung Trevithicks im vollen Umfange auch ohne irgendwelche Prämienzahlung nutzbar zu machen. 1814 war auch Arthur Woolf wieder nach Cornwall zurückgekehrt und hatte seine erste zweizylindrige Wasserhaltungsmaschine für die Grube Wheal Abraham erbaut.¹⁾ Die Erfolge Trevithicks mit seiner Einzylindermaschine verhinderten damals eine weite Verbreitung der Zweifach-Expansionsmaschinen. Auch Woolfs schroffer Charakter, sowie sein eigensinniges Festhalten an seinen vielen Betriebsunfällen ausgesetzten gußeisernen Kesseln sollen an der geringen Ausbreitung der Mehrfach-Expansionsmaschine damals schuld gewesen sein.

So entstand aus der Wattschen Dampfdruckmaschine auf dem Wege über Trevithicks Plungermaschine die Cornwall-Maschine, von der einer der Cornwall-Ingenieure sagte: „Die Maschine ist jetzt auf ihre einfachste Form zurückgeführt, — eine einfachwirkende Dampfmaschine von der Konstruktion Boulton und Watt; und, obwohl unsere Maschinen drei- und viermal so viel leisten, als Boulton und Watt erreichten oder vielleicht nur zu erreichen für möglich hielten, bleibt sie doch trotz alledem dem Namen und der Wahrheit nach Boultons und Watts Dampfmaschine.“

Eine der ersten dieser Cornwall-Maschinen errichtete Trevithick 1806 auf der Dolcoath-Grube (Zylinderdurchmesser 76 Zoll, 1930 mm, Hub 9 Fuß,

¹⁾ Der große Zylinder hatte 45 Zoll (1143 mm) Durchmesser bei 7 Fuß (2,13 m) Hub. Die Leistung betrug 34 Mill. Fußpfund für 1 Bushel Kohlen. Nachdem man einige Fehler beseitigt hatte, stieg sie auf 52,3 Mill. Fußpfund bereits im nächsten Jahre.

2,7 m). Der Zylinder war mit Dampfmantel versehen. Die Maschine ist 54 Jahre, bis 1869, Tag und Nacht im Betriebe gewesen, ein Zeichen, welche gute Werkstattarbeit auch Trevithick zu liefern verstand.

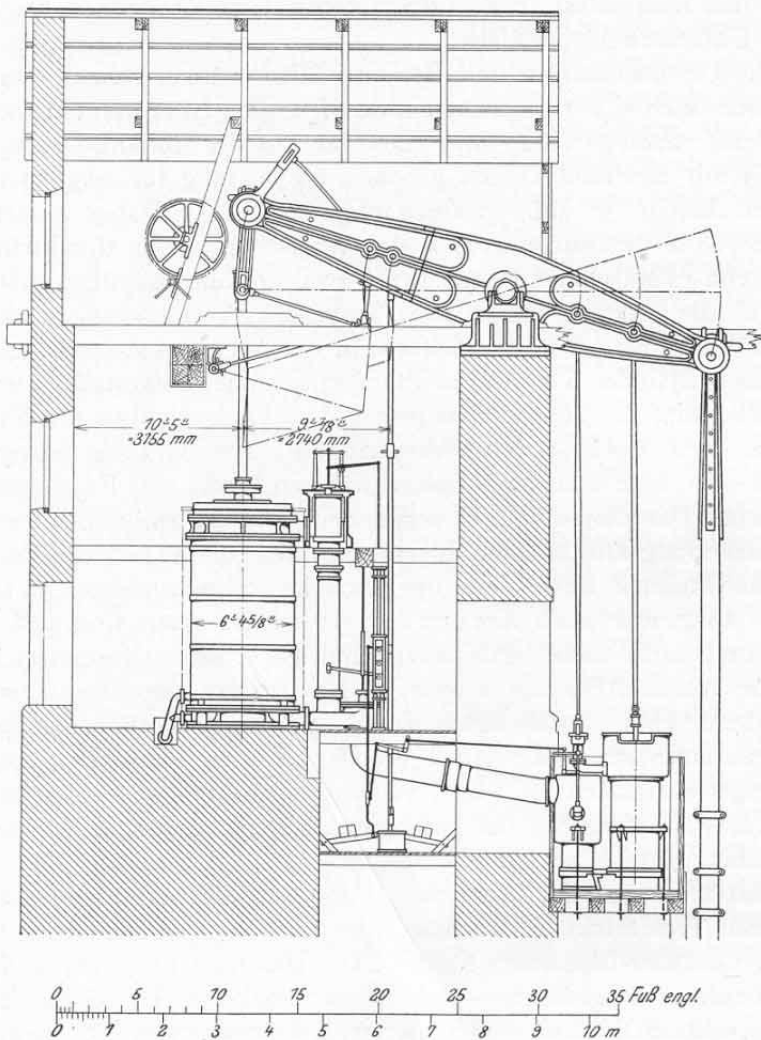


Fig. 323. Cornwall-Maschine um 1830.

(Nach Pole, The Cornish pumping engine, London 1844.)

Fig. 323 zeigt eine Cornwall-Maschine. Der Zylinder war wie es meistens geschah mit Dampfmantel umgeben, der gewöhnlich 1 Zoll (25 mm) von der Zylinderwandung abstand. Der Zylinder, der sich mit dem genau abgedrehten Flansch auf den Mantel stützte Fig. 324, ist unten auf die übliche Weise eingekittet.

Der Dampfmantel erhielt den Heizdampf unmittelbar vom Kessel durch ein unten eingeführtes Rohr, von dem gleichzeitig auch der Boden des Zylinders geheizt wurde, eine Anordnung, die bei den einfachwirkenden Maschinen insofern widersinnig war, als der Arbeitsdampf, der vor Abkühlungsverlusten geschützt werden sollte, nie mit dem Boden in Berührung kam. Der Zylinderdeckel wurde nicht geheizt, um nicht das Abnehmen des Deckels, das bei jeder Arbeit an dem mit Hanf gedichteten Kolben nötig wurde, durch das Lösen der entsprechenden Rohrverbindung zu sehr zu erschweren, wohl aber wurde der Deckel in anderer Weise sehr sorgfältig gegen Wärmeabgabe geschützt. Ebensoviele Sorgfalt wurde auf guten Wärmeschutz der Zylinderwandung, der Ventilkästen und Rohrleitung gelegt. Die Art und Weise der Isolierung war auf den einzelnen Gruben verschieden. Vielfach wurde sie in der Weise von Fig. 325 ausgeführt. Zuweilen umgab man den Zylinder auch nur mit einem hölzernen Mantel und füllte den Zwischenraum von etwa 12 Zoll (305 mm) Weite mit Sägespänen, Asche oder Kuhhaaren, später meistens mit Filz aus. Bei so sorgfältiger Isolierung stieg die Temperatur auf der Außenseite des Zylinders nicht über 70 bis 80° F. (21 bis 27° C.). Der Zylinder stand zum Kessel so, daß das Kondenswasser vom Dampfmantel unmittelbar wieder in die Kessel zurückfließen konnte. Auch Versuche, den Zylinder durch die Heizgase des Kessels oder durch besondere Feuerung an Stelle des Dampfmantels zu erwärmen, wurden gemacht, aber

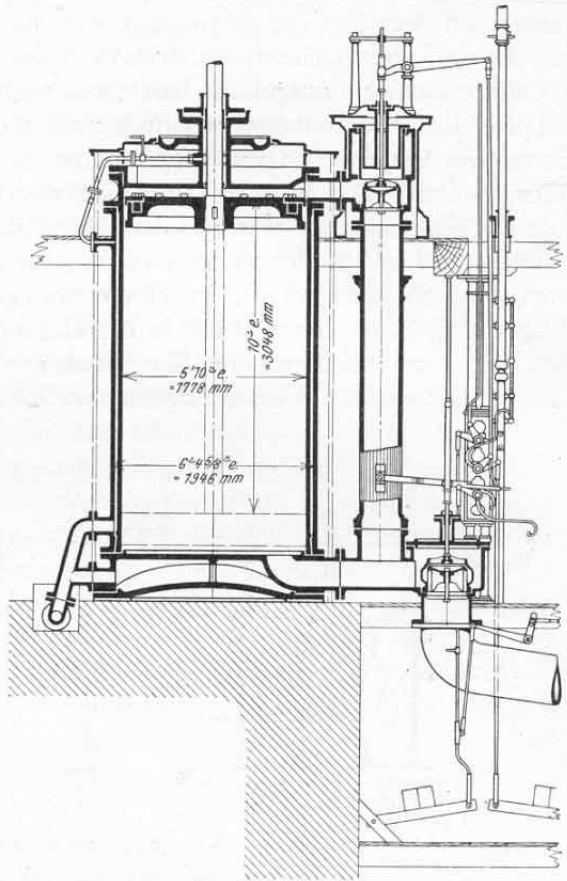


Fig. 324. Zylinder und Steuerung zur Maschine Fig. 323.

Fig. 325 ausgeführt. Zuweilen umgab man den Zylinder auch nur mit einem hölzernen Mantel und füllte den Zwischenraum von etwa 12 Zoll (305 mm) Weite mit Sägespänen, Asche oder Kuhhaaren, später meistens mit Filz aus. Bei so sorgfältiger Isolierung stieg die Temperatur auf der Außenseite des Zylinders nicht über 70 bis 80° F. (21 bis 27° C.). Der Zylinder stand zum Kessel so, daß das Kondenswasser vom Dampfmantel unmittelbar wieder in die Kessel zurückfließen konnte. Auch Versuche, den Zylinder durch die Heizgase des Kessels oder durch besondere Feuerung an Stelle des Dampfmantels zu erwärmen, wurden gemacht, aber

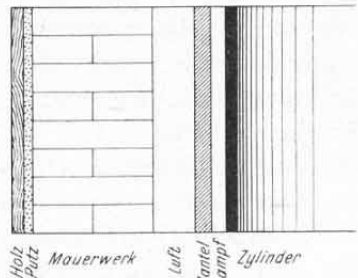


Fig. 325. Wärmeschutz eines Cornwall-Zylinders um 1830.
(Nach Pole, The Cornish pumping engine, London 1844.)

stets bald wieder verlassen, weil sich sehr leicht ein Überheizen des Zylinders ergab, dem die Packung des Kolbens und der Stopfbüchse nicht gewachsen war.

In der Stopfbüchse war, wie es schon Hornblower bei seinen Zweizylindermaschinen ausgeführt hatte, ein ringförmiger, mit dem Kesseldampf gefüllter Raum vorhanden, wodurch man vor allem das Eintreten von Luft durch die Stopfbüchse verhüten wollte. Auch Trevithick hatte, wie bereits erwähnt, diese Konstruktion vielfach verwendet.

Die Kolbenstange war mit dem Querstück des Parallelogramms so verbunden, daß sie in der einen Richtung fest, in der anderen verschiebbar war. Das bot den Vorteil, bei einem etwaigen Durchschlagen beim Niedergang des Kolbens einen Bruch in der Maschine zu verhindern. Der Balancier wurde bei allen größeren Maschinen aus zwei zuweilen durchbrochenen, Platten hergestellt, zwischen denen 600 bis 800 mm breite Gußstücke an-

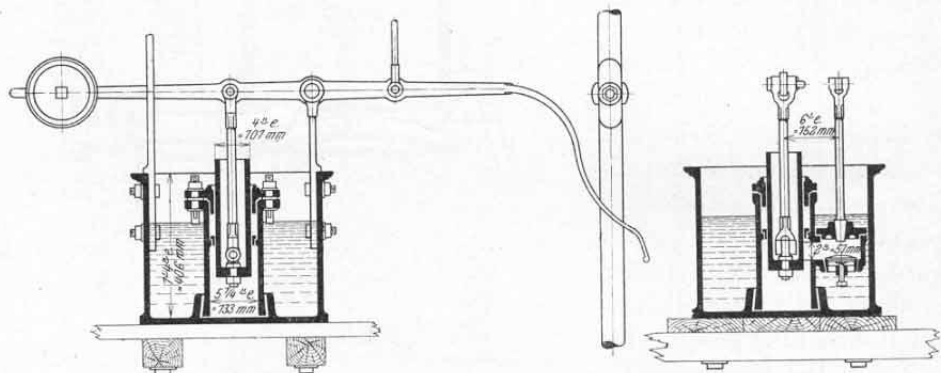


Fig. 326 u. 327. Katarakt zur Cornwall-Maschine.

(Nach Pole, The Cornish pumping engine, London 1844.)

gebracht waren. Der Balancier war ungleicharmig, und zwar im Verhältnis von 10 zu 7 bis 9 so, daß der Pumpenkolben einen kleineren Hub und somit kleinere Geschwindigkeit erhielt. Die Fanghölzer waren in der üblichen Weise angebracht. Bisweilen wurde mit diesen Fanghölzern eine Schelle verbunden, um schon vor dem Aufschlagen den Maschinenwärter auf den zu großen Maschinenhub aufmerksam zu machen.

Die Dampfverteilung geschah durch drei Ventile, vor denen ein gleichartig ausgeführtes Regulierventil eingebaut war. Ein Katarakt, der sich von den ersten Katarakten, die nichts anderes waren als Überfallgewichte, wesentlich unterschied und zuerst von Woolf ausgeführt wurde, regulierte die Hubpausen. Die Konstruktion des Kataraktes, der aus einer kleinen Pumpe mit einstellbarem Abfluß bestand, läßt Fig. 326 erkennen, seine Wirkung wird im Zusammenhang mit der Steuerung besprochen werden.

Kondensator und Luftpumpe standen immer auf der Schachtseite der Maschine und nicht wie bei den Wattschen Maschinen neben dem Dampf-

zylinder. Man erhielt dadurch neben dem Zylinder mehr Platz für Steuerung und Katarakt. Da das Maschinenhaus nur den Zylinder umschloß, so kamen hierbei noch Kondensator und Luftpumpe ins Freie zu liegen, was für ihre Abkühlung günstiger war. Ferner glaubte man auch, hierdurch insofern eine bessere Luftleere zu erreichen, als bei dieser Anordnung der Arbeitshub der Luftpumpe dann geschah, wenn das Vakuum unter dem Kolben des Dampfzylinders hergestellt werden sollte.

Der Kondensator war gewöhnlich ebenso groß wie die Luftpumpe, die etwa halb so weit wie der Dampfzylinder ausgeführt wurde. Der Hub der Luftpumpe war gewöhnlich gleich dem halben Hub des Dampfkolbens. Der Deckel der Pumpe war wie ein Tellerventil konstruiert, Fig. 328, und dichtete gegen einen Sitz von hartem Holz, der auf einer eingegossenen ringförmigen Nut eingekleimt und dann genau abgedreht war, ab. Die Konstruktion erleichterte den Zugang zum Kolben, dessen Liderung in einfachster Weise hochgehoben werden konnte. Die Einspritzung geschah einen Augenblick vor Beginn des Arbeitshubes und wurde mit Ende desselben geschlossen.

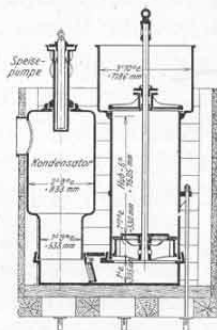


Fig. 328.
Kondensation und Luftpumpe um 1830.

Die Arbeitsweise einer Cornwall-Maschine erläutert das Diagramm. Es ist von einer 1827 errichteten Wasserhaltung entnommen und zeigt die Dampfwerkung über dem Kolben. Die Maschine hat 80 Zoll (2032 mm) Zylinderdurchmesser und 10 Fuß (3,05 m) Hub. Der Dampf tritt mit 48,6 Pfd./Qu.-Zoll (3,42 kg/qcm) Überdruck ein; schon bei $\frac{1}{20}$ des Hubes beginnt sich das Einlaßventil zu schließen. Der Dampf wird gedrosselt. Bei D, nach $\frac{1}{5}$ des Hubes, ist der Dampfdruck auf 37,4 Pfd. (2,63 kg/qcm) gesunken, das Ventil ist jetzt ganz geschlossen, die Expansion beginnt, der Druck ist am Ende des Hubes auf 2,34 Pfd. (0,16 kg/qcm) gefallen. Jetzt wird das Gleichgewichtsventil geöffnet, der Druck über und unter dem Kolben gleicht sich auf atm. Druck aus. Kurz vor dem Ende des durch das Übergewicht des Pumpengestänges veranlaßten Aufwärtshubes wird bei G das Gleichgewichtsventil geschlossen und der über dem Kolben befindliche Dampf auf 9,36 Pfd. (0,66 kg/qcm) komprimiert.¹⁾

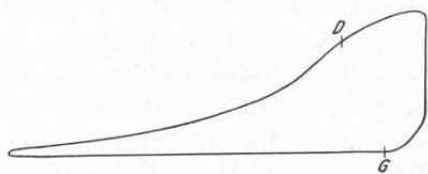


Fig. 329.
Diagramm einer Cornwall-Maschine 1827.

Ebenso sorgfältig wie die Maschine konstruiert und behandelt wurde, war Anordnung und Bedienung der Kessel, über die später berichtet wird.

¹⁾ s. Fr. Trevithick, Life of R. Trevithick, London 1872, Bd. II, S. 185.

Größter Wert wurde auf einsichtsvolle Maschinenwärter gelegt. Sie mußten die Maschine in allen Einzelheiten kennen und ihre Arbeitsweise verstehen. Durch hohe Kohlenprämien beteiligte man sie unmittelbar an dem Gewinn, der sich für die Grube aus der Brennstoffersparnis ergab. Diese Wärter hatten nicht nur die Maschine zu warten, sondern auch die Kessel zu bedienen, weil man richtig erkannte, daß von einem vernünftigen Heizen die Wirtschaftlichkeit der ganzen Anlage sehr abhängig war. Mehrere, meist jüngere Hilfskräfte unterstützten die ersten Maschinenwärter, von denen für jede Maschine gewöhnlich drei, die sich in Schichten von je 8 Stunden ablösten, angestellt waren. Jede Woche wurde die ganze Maschine, besonders die Packung, auf das sorgfältigste nachgesehen und das Notwendige ersetzt.

Die Lieferung der Maschine und die Überwachung der ganzen Anlage hatten Zivilingenieure unter sich, die auch die geschäftliche Verbindung des Maschinenbesitzers mit der Maschinenfabrik besorgten; sie berieten nicht nur, sondern führten auch aus und hatten ein Interesse daran, daß die von ihnen erbauten Anlagen möglichst wirtschaftlich arbeiteten.

Besonders segensreich wirkte die gemeinsame Überwachung der Dampfmaschinen des ganzen Grubenbezirkes, über deren Ergebnisse monatlich Berichte erschienen, wodurch es möglich wurde, die auf den einzelnen Gruben gewonnenen Ergebnisse miteinander zu vergleichen. Es wurde zu einer Ehrensache, die höchste „Duty“ aufzuweisen. Ingenieure, Maschinenbesitzer und Maschinenwärter strebten fast sportsmäßig nach diesem Ruhm.

Die Erfolge, zu denen alle diese einzelnen Faktoren beisteuerten, waren überraschend. Die Überwachung und die Herausgabe der Berichte wurde dem Grubeningenieur Lean, der sich durch Einführung wichtiger Verbesserungen schon einen Namen gemacht hatte, und seinen beiden Söhnen übertragen. Als Maß der Leistung, die als Duty bezeichnet wurde, nahm man die mit 1 Bushel Kohlen (94 Pfd.) gehobenen Millionenfufßfund.¹⁾ Die Menge des gehobenen Wassers wurde nach Hub und Durchmesser der Pumpe berechnet. Die Hubzahl wurde durch Zähler festgestellt. Ein mittlerer Hub, nicht der höchst mögliche Hub wurde zugrunde gelegt.²⁾

1811 begann man mit drei Maschinen die Berichte. Die Steigerung der Leistung läßt die folgende Tabelle erkennen.³⁾

1) Bei den Angaben der mit einer bestimmten Kohlenmenge erreichbaren Leistung (duty), bezogen auf 1 Bushel, muß die verschiedene Größe der Kohlenmaße berücksichtigt werden; vielfach rechnete Trevithick den Bushel zu 84 lbs., Watt zu 112 lbs. und Lean zu 94 lbs.

2) Die wirklichen Wassermengen gegenüber den berechneten stellte man einige Male durch genaue Versuche fest; es ergab sich 7,6 und 4 v. H. Verlust, bei dem einen Versuch auch 13 v. H.

3) Über die Ursachen der guten „Duty“ äußert sich W. Pole in seinem grundlegenden Werke über die Cornwall-Maschine zusammenfassend wie folgt:

„The alterations introduced since 1821 may be described as consisting principally, — in carrying out to a further extent the principle of expansion, by using

Jahr	Zahl der überwach-ten Maschinen	Durchschnittliche Leistung aller überwach-ten Maschinen		Durchschnittliche Leistung der besten Maschinen	
		Mill. Fußpfd. auf 1 bushel (= 94 lbs.) Kohlen	mt auf 1 kg Kohlen	Mill. Fußpfd. auf 1 bushel (= 94 lbs.) Kohlen	mt auf 1 kg Kohlen
1812	21	19,3	62,6	—	—
1815	35	20,5	66,5	28,7	93,0
1818	36	25,4	82,3	39,3	127,2
1821	45	28,2	91,4	42,8	138,6
1824	49	28,3	91,6	43,5	141,0
1827	51	32,1	104,0	59,7	183,2
1830	56	43,3	140,0	78,0	253,0
1832	59	45,0	146,0	85,0	275,0
1835	51	47,8	155,0	91,7	287,8
1838	61	48,7	157,5	84,2	272,2

Um die Bedeutung dieser Fortschritte zu würdigen, muß man sich erinnern, daß 1769 die durchschnittliche Leistung von 15 atmosphärischen Maschinen nur 5,59 Mill. (18 125 mkg für 1 kg Kohle), 1772 die der besten von Smeaton erbauten atmosphärischen Maschinen etwa 9,45 (30 641 mkg für 1 kg Kohle) betrug, während Watt'sche Maschinen 1776 etwa 18 (58 364 mkg für 1 kg) und 1800 in Cornwall höchstens durchschnittlich 20 Mill. Fußpfund (64 849 mkg für 1 kg Kohle) Leistung erzielt hatten.

In Geldwert ausgedrückt, würde der Fortschritt zwischen 1814 und 1838 eine jährliche Ersparnis von 84300 £ bedeuten, wenn man annähme, daß sämtliche 1838 in Cornwall arbeitenden Dampfmaschinen mit dem Kohlenverbrauch, der 1814 erreicht wurde, hätten arbeiten müssen.

steam of a higher pressure, and cutting it off earlier in the stroke — which the engineers were enabled to do as the mine were worked deeper, and a greater mass of matter was necessarily put in motion —; in a considerable extension of boiler surface, in proportion to the quantity of water evaporated, and of fuel consumed; in a more careful management of the combustion; in improvements of the minor details of the engine, and the mechanical construction of the working part, particularly of the pump-work, whereby the loss of power by prejudicial resistances has been much lessened; — and in the exercise of the most scrupulous care in guarding against waste or loss of heat by any means.“

Lean, der verdienstvolle Leiter der Maschinen-Untersuchungen, führt aus:

„Nor has this great advance been made on a sudden or in a short time; it has not been the work of any one individual, though considerable steps have been made by some; no very new or surprising principle has been discovered; but the application of known laws has produced different results in different hands; and those who proposed improvements were not always those who adapted them to a successful application. More has been done by practical experience than by scientific research; for though both were happily combined in some, to whom the world is greatly indebted for the present state of these machines, yet some of the most prominent advance have been made in the hands of those, who dealt but little in theory or abstract investigation.“

Was die Abmessungen der Cornwall-Maschine anbelangt, so hatten von 104 Wasserhaltungsmaschinen, die 1838 in Cornwall tätig waren,

24 Maschinen	weniger als 30 Zoll (762 mm)	Zylinderdurchmesser
23 „	30 bis 40 Zoll (762 bis 1016 mm)	„
10 „	40 bis 50 „ (1016 bis 1270 mm)	„
14 „	50 bis 60 „ (1270 bis 1524 mm)	„
17 „	60 bis 70 „ (1524 bis 1778 mm)	„
10 „	70 bis 80 „ (1778 bis 2032 mm)	„
6 „	über 80 „ (2032 mm)	„

Die größten Abmessungen waren 90 Zoll (2286 mm) Zylinderdurchmesser bei 12 Fuß (3,65 m) Hub. Die Maschinen machten etwa 10 Hübe in der Minute; der höchste Dampfdruck im Kessel betrug 55 Pfd./Qu.-Zoll (3,86 kg/qcm); die größte Tiefe, aus der Wasser zu heben war, betrug etwa 2160 Fuß (rund 650 m).

d) Die Cornwall-Steuerung.

Konstruktiv bieten die Cornwall-Maschinen allein durch ihre oft riesigen Abmessungen viel bemerkenswertes. Besonders berühmt ist ihre Steuerung geworden, die als Katarakt-Steuerung, oder weil der Katarakt nicht als wesentlicher Bestandteil der Steuerung angesehen werden kann, richtiger als Cornwall-Steuerung bezeichnet, die größte Verbreitung gefunden hat und sich ein halbes Jahrhundert lang bei den Wasserhaltungsmaschinen, bei den ersten Fördermaschinen, Wasserwerksmaschinen und den Gebläsemaschinen immer wieder findet. Sie sei deshalb hier mit besonderer Berücksichtigung der ihr besonders eigentümlichen Maschinenteile zusammenhängend besprochen.



Fig. 330.
Klinkenquadrant.



Fig. 331.
Wellenquadrant.

Ein Vergleich dieser Steuerung mit den Wattischen Anordnungsformen zeigt ohne weiteres den Entwicklungszusammenhang.

Fast ausschließlich dienen Doppelsitzventile, die sog. Glockensitzventile, zur Dampfverteilung, und zwar, da es einfachwirkende Maschinen sind, gehören mindestens zwei, meistens aber drei Ventile, Einlaß-, Auslaß- und Gleichgewichtsventil zu jeder Maschine, die in entsprechender Weise durch Hebel mit besonderen Steuerwellen verbunden sind. Gewöhnlich hat jedes Ventil eine Steuerwelle, die in ihrer Bewegung durch entsprechend angeordnete Sperrscheiben, Quadranten genannt, so voneinander abhängig sind, daß z. B. das Gleichgewichtsventil nicht vor dem Schluß des Dampfteinlaßventiles geöffnet werden kann. Vom Ausschalten dieser Quadranten ist auch der Zeitpunkt des Bewegungsanfanges und damit die Länge der Hubpausen abhängig. Man hat sog. Klinkenquadranten, die auch, da sie stets

durch einen Katarakt ausgeklinkt wurden, als Kataraktquadranten bezeichnet werden, und Wellenquadranten, die unabhängig vom Katarakt die gegenseitige Lage der Wellen zu sichern haben, zu unterscheiden, Fig. 330 u. 331. Da die Klinkenquadranten meistens außerhalb der die Steuerwelle tragenden Ständer, die Wellenquadranten meist innerhalb derselben sich angeordnet finden, so bezeichnet man nach dem Englischen wohl auch diese mit Ausseits-, jene mit Inseitsquadranten. Neben den Hebeln der Steuerwelle, die zu den Ventilen und Belastungsgewichten führen, sitzt auf jeder Steuerwelle ein langer oft eigenartig gekrümmter Hebel, das Horn genannt, der von einem auf dem Steuerbaum befestigten Anschlag, Frosch genannt, mitgenommen wird. Der Konstrukteur hat dafür zu sorgen, daß der bei dem Anschlag von Frosch und Horn unvermeidliche Stoß möglichst gemildert wird; deshalb macht er den Frosch aus hartem Weißbuchen- oder Eichenholz und beschlägt ihn mit dickem festem Sohlleder.

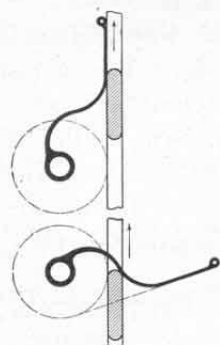


Fig. 332.
Cornwall-Steuerung.

zur Bewegungsrichtung in einem Winkel von etwa 20 bis 30° geneigt. Noch kleinere Winkel anzuwenden konnte die Gefahr des Einklemmens und Abbiegen des Hornes hervorrufen, Fig. 332. Befestigt wird der Frosch auf der Steuerstange gewöhnlich wie ein Stelling auf der Welle, nur der Anschlag für das Einlaßventil wird, um die Dampfeinteilung leicht verändern zu können, so angeordnet, daß er mittels Schrauben und Handrad bequem in seiner Längsrichtung verstellt werden kann, Fig. 333. Gewöhnlich wird er auch recht lang gehalten, um dem Horn als Gleitbahn zu

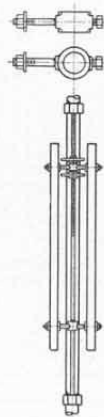


Fig. 333.
Anschlag.

dienen und ein vorzeitiges Zurückdrehen zu verhindern. Die Steuerung muß besonders beim Anlassen noch bequem von Hand aus bedient werden können, deshalb ist das Ende des Horns mit einem Handgriff versehen.

Einen interessanten Teil der Steuerung bilden die Katarakte. Die ersten bei den atmosphärischen Maschinen schon besprochenen Katarakte waren Überfallgewichte mit regulierbarem Wasserzufluß. Hier sind es Pumpen, die von den Maschinen gehoben, Wasser, Öl oder Glyzerin durch ein gewöhnliches Saugventil ansaugen und diese Flüssigkeit beim Abwärtsgang, der durch Gewichte bewirkt wird, durch eine regulierbare Absperrvorrichtung zurück in den Behälter drücken. Bei diesem Sinken löst der Katarakt die Sperrklinke aus, worauf die Ventilbewegung beginnen kann.

Durch Regulieren der Austrittsöffnung oder der Gewichtsbelastung kann die Zeit, die der Katarakt zum Sinken braucht, und damit der Zeitpunkt des Dampfesinlasses, von dem wieder der neue Hub abhängt, verändert werden. Die Fig. 334 bis 336 zeigen einen Katarakt, der bei den älteren

Maschinen gewöhnlich so groß ausfiel, daß er nur unter der Maschinensohle Platz fand, wo er der steten Wartung entzogen, oft verkümmerte. Deshalb lag das Bestreben nahe, ihn durch eine gedrungene Form möglichst organisch mit den anderen Steuerungsteilen in gleicher Höhe zu verbinden. Gewöhnlich wurden zwei Katarakte, für jede Totlage einer, benutzt.

Außer diesem Klinkenkatarakt, der wieder frei oder gesperrt sein kann, je nachdem er zu sinken beginnt, sobald die Steuerstange ihn freiläßt, oder erst sinken kann, nachdem der zweite aufgezogen ist, kommen noch sog. Wellenkatarakte vor, die den Zweck haben, die durch die Belastungs-

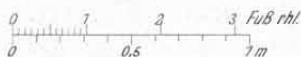
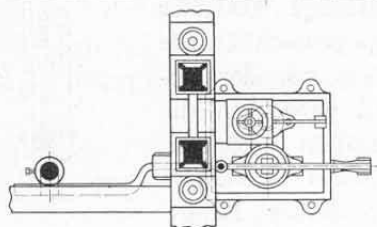
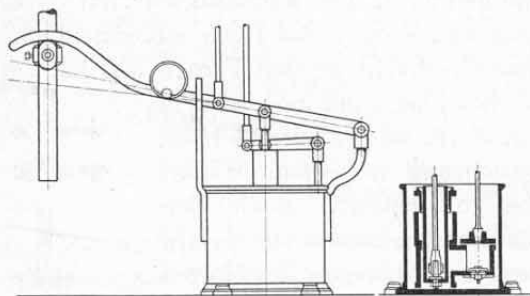


Fig. 334 bis 336. Katarakt.

gewichte hervorgerufene plötzliche Bewegung zu mildern. Ohne sie würde die Drehung der Steuerwelle in einen harten Stoß endigen und Hörner und Hebel einer solchen Welle „hauen mit solcher Gewalt in die Luft, daß Kopf, Brust oder jeder andere Teil eines Menschen zerschmettert werden, falls sie sich in ihrem Bereich befinden“. Diese Katarakte sind also nichts anderes als Flüssigkeits- oder Luftpuffer.

Auch das Einspritzventil wird gewöhnlich gesteuert, damit während der Hubpause nicht fortwährend Wasser in den Kondensator gespritzt wird. Gewöhnlich wird von

der Auslaßwelle aus das Einspritzventil durch einen Hebel genau so gesteuert, wie das Einlaßventil.

Eine perspektivische Skizze, Fig. 337, möge kurz noch den schematischen Zusammenhang einiger wichtiger Einzelteile der Steuerung zeigen.

Die Steuerung gehört zu einer direktwirkenden Maschine. Der Kolben ist in der obersten Lage, das Dampf einlaßventil ist gerade geschlossen und gesperrt, das Gleichgewichtsventil geöffnet. Unter dem Gewicht des Pumpengestänges bewegt sich das Gestänge und damit der Steuerbaum abwärts. Dabei wird die Steuerstange zuerst die Sperrung des Katarakts auslösen, dieser beginnt zu sinken. Inzwischen hat auch der Dampf kolben seinen Hub beendet. In der unteren Totlage angelangt, wird er jetzt den Aufwärtshub beginnen, sobald das Einlaßventil geöffnet wird; das geschieht, sobald der Katarakt soweit gesunken ist, daß er die Sperrung der Steuerwelle aufhebt, wodurch das rechts von der Steuerwelle angreifende

Gewicht in die Lage gesetzt wird, das Ventil zu öffnen. Der Aufwärtshub beginnt jetzt, der Katarakt wird aufgehoben, ebenso das Gewicht gehoben, bis es ebenso wie der Katarakt durch die Klinkenendlage gehalten wird. Eine entsprechende Vereinigung verschiedener solcher Mechanismen bildete die ganze Steuerung.

Außerordentlich mannigfach in der gegensätzlichen Anordnung der einzelnen Teile und der verschiedenen Ausführungen lassen sich alle derartigen Steuerungen doch auf die vorher kurz gegebenen Prinzipien zurückführen. Die noch zu behandelnden verschiedenen Ausführungsformen werden Beispiele hierfür bieten.

C. Allgemeine Anordnung und Ausführung der Wasserhaltungsmaschinen von 1830 bis 1860.

Fig. 338¹⁾ zeigt eine 1832 von Girdwood bei Glasgow ausgeführte einfachwirkende Wasserhaltungsmaschine, die durch ihre Größe und Ausführung seinerzeit berühmt, in den alten Druckwerken vielfach als Muster abgebildet sich findet.

Der Zylinder war 80 Zoll (2032 mm) weit bei 8 Fuß (2,4 m) Hub. Die Maschine machte 13 Hübe in der Minute. Die Luftpumpe hatte 40 Zoll (1016 mm) Durchmesser. Interessant ist, daß sich hier bereits eine selbsttätige Schmiervorrichtung für die mit etwa 1600 Ztr. belasteten Balancierzapfen findet, die so eingerichtet ist, daß eine kleine Pumpe, die von der Balancierachse aus angetrieben wird, die Schmiere in das Lager hineindrückt. Der Balancier ist am Ende mit starken Querhölzern versehen, die

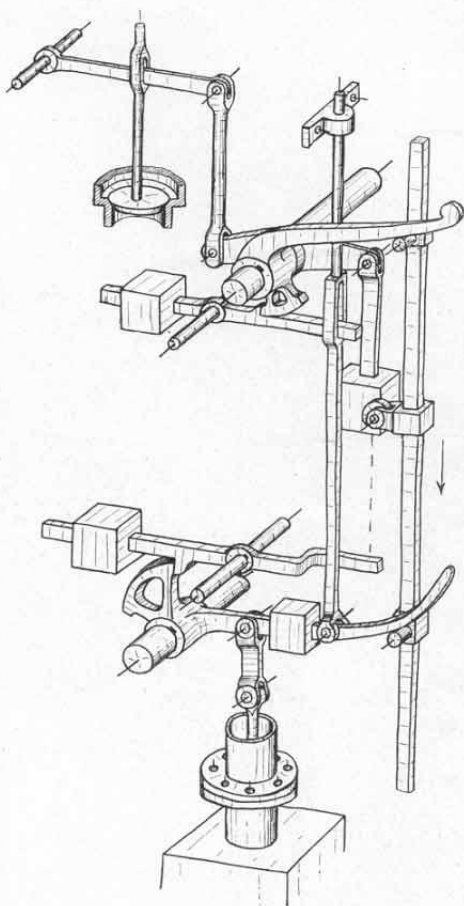


Fig. 337. Cornwall-Steuerung.

¹⁾ Die Abbildung ist nach einer sehr schön ausgeführten Originalzeichnung der engl. Gasgesellschaft in Berlin, die Dir. E. Körting zur Verfügung stellte, gefertigt.

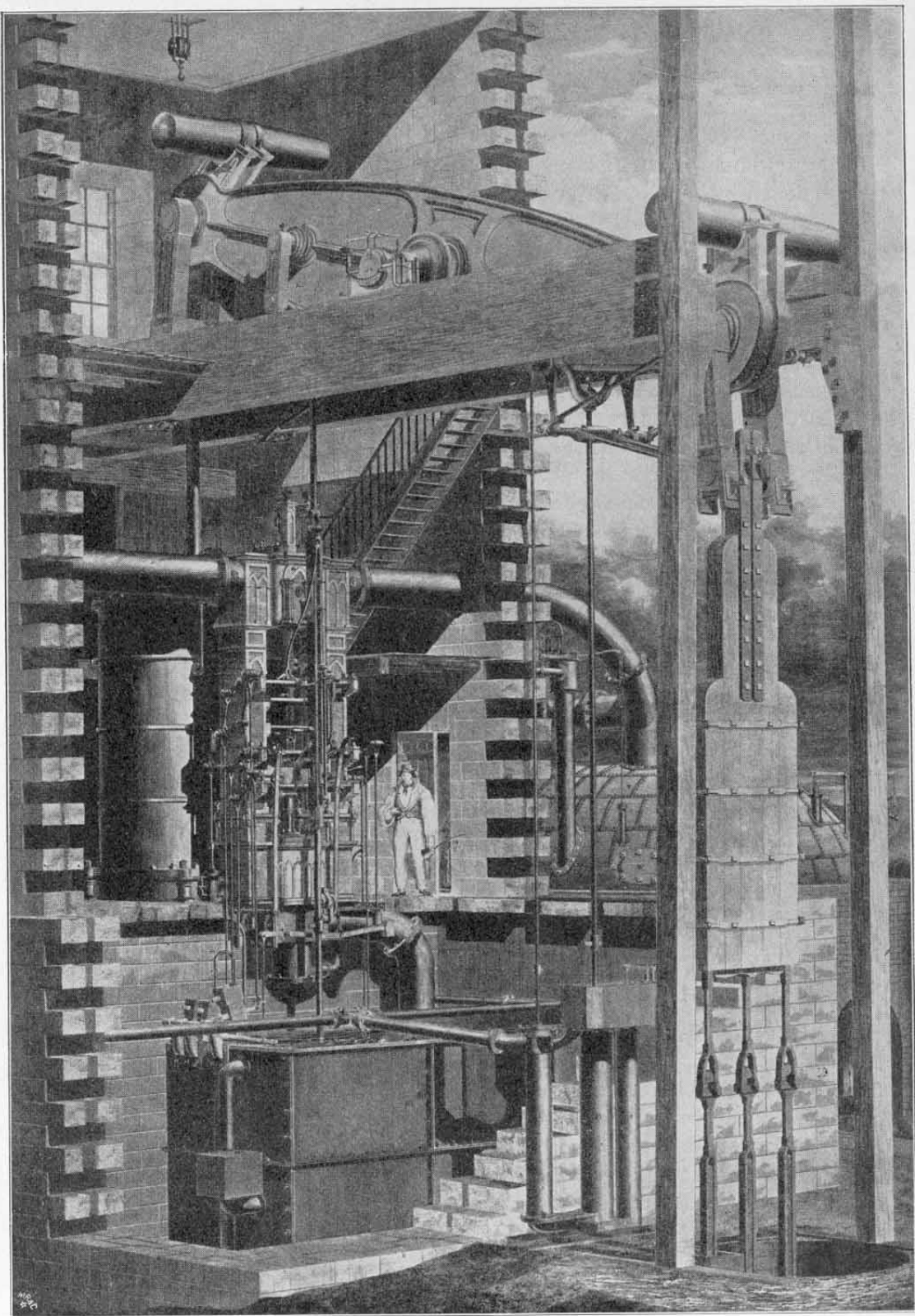


Fig. 338. Einfachwirkende Wasserhaltungsmaschine, Glasgow 1832.

im Notfall durch Aufschlagen auf hölzerne Balken den Hub begrenzen. Die Maschine steht wie gezeichnet im Ruhezustand; das Übergewicht des Pumpengestänges hält den Kolben in der obersten Lage; das Gleichgewichtsventil ist durch die Steuerung noch geschlossen, die Eintritts- und Austrittsventile sind dagegen geöffnet. Soll die Maschine angelassen werden, so ist zuerst die Luft auszublasen; der Maschinist hat den Hebel an der Gleichgewichtsventilwelle niederzudrücken; der Dampf tritt jetzt unter den Kolben und bläst die Luft durch das Austrittsventil in den Kondensator und von da durch ein Rückschlagsventil in dem Wasserbehälter aus. Dieses Ausblasen, wodurch zugleich die ganze Maschine angewärmt wurde, dauerte etwa fünf Minuten.

Jetzt werden das Gleichgewichtsventil und ebenfalls durch Niederdrücken des an der anderen Steuerwelle angebrachten Handhebels das Austrittsventil geschlossen. Die Belastungsgewichte hat man vorher abgehängt, um die Bewegung leichter ausführen zu können. Jetzt ist ein dritter Handgriff herabzudrücken wodurch der Einspritzschieber geöffnet wird, und schließlich ist durch Heben des Austrittsventilhebels die Verbindung mit dem Kondensator und dem Raum unter dem Kolben herzustellen, jetzt beginnt der Hub. Der Maschinist hat also beim Anlassen der Maschine drei Hebel in bestimmter Reihenfolge zu bewegen. Das Manövrieren mit solcher Maschine mußte mühsam erlernt werden.

Die direktwirkende Maschine kommt bis in die 30er Jahre nur vereinzelt vor. Von da an beginnt sie sich langsam auch auf dem Kontinent, in Frankreich, Belgien und Deutschland auszubreiten. Große Bedeutung gewinnt sie erst etwa von 1850 an. Die ersten größeren direktwirkenden Maschinen außerhalb Englands wurden 1835 in den Grubenfeldern des Loirebeckens aufgestellt. Die erste Maschine hatte 600 mm Durchmesser und 2 m Hub.¹⁾ Waren auch die ersten Maschinen mehr Versuchsmaschinen, die noch viele Mängel aufwiesen, so bieten sie doch für die Entwicklung bemerkenswerte Einzelheiten dar. Man versuchte hier anfangs auch Schieber und zwar Kolbenschieber in ganz ähnlicher Anordnung wie bei den Wassersäulenmaschinen zur Dampfverteilung, zu verwenden. Auch drei kleine Plattenschieber kommen als Dampfverteilungsorgane vor, doch schließlich ging man auch hier wieder ohne Ausnahme zu den Ventilen über. Während in Belgien vielfach die Austrittsventile zugleich als Gleichgewichtsventile benutzt wurden, und somit dort nur zwei Ventile nötig waren, wurden hier stets die normalen drei Ventile angeordnet. Das Eintrittsventil saß möglichst nahe am Zylinder, um kleinen schädlichen Raum zu erhalten.

Der Zylinder stand bei kleineren Maschinen auf gußeisernen, zum Teil durch schmiedeeiserne Träger verstärkten Balken. Bei den größten Maschinen zog

¹⁾ Ausführlich berichtet über diese Maschine M. Baure. Bull. de la Soc. de l'industrie minérale, Bd. 2 u. 3, 1856 bis 1858 und auszugsweise im Zivilingenieur 1859, Seite 195.

man es vor, den Zylinder auf eine Anzahl miteinander verschraubter eichener Balken zu setzen, um durch die Elastizität des Holzes die Stöße der Maschine besser aufnehmen zu können. Dampfmäntel kamen auch vor oder wurden wenigstens als zweckmäßig empfohlen. Bei sehr großen Zylindern machte man den Mantel aus Blechschüssen mit gußeisernen Flanschenringen. Besonders wichtig war die Schmierung der Hauptstopfbüchse. Meistens wurden hochstehende offene Schmierbehälter, von denen aus das Öl unter Druck den Schmierstellen zufließen konnte, angewendet. In Belgien waren kleine Druckpumpen beliebt. Der Gegengewichtsbalancier wurde meist noch aus Gußeisen hergestellt, zuweilen aber auch schon aus versteiftem

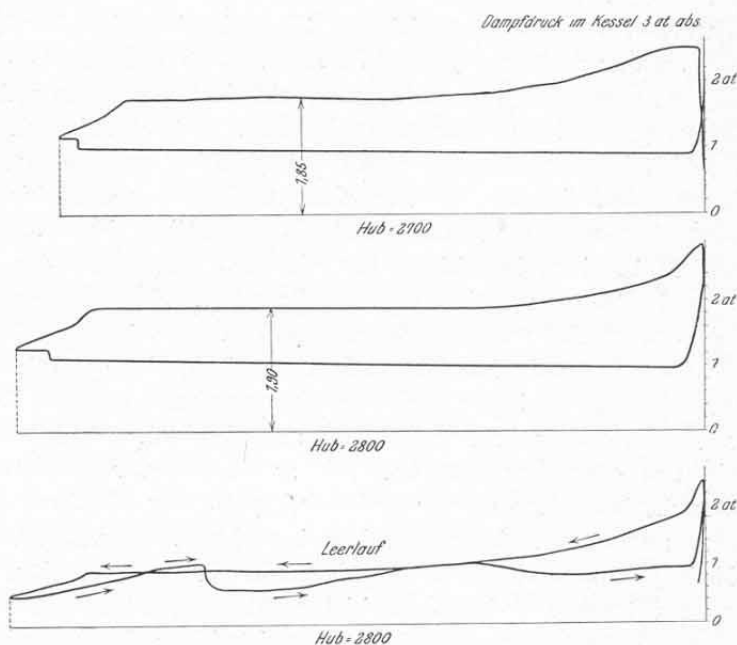


Fig. 339 bis 341. Diagramme einer direktwirkenden Maschine in Frankreich 1855.

Blech mit Rücksicht auf größere Haltbarkeit bei den Stößen der Maschine, gefertigt. Speisepumpe und Luftpumpe wurden von der Maschine aus betrieben. Man empfahl aber bereits gesonderten Pumpenantrieb als sehr zweckmäßig.

Bis 1856 waren 14 direktwirkende Maschinen im Loirebecken im Betrieb. Die beiden größten Maschinen hatten 2,2 m weite Zylinder bei 3,3 m Hub. Von den 14 Maschinen arbeiteten 8 ohne Kondensation.

Als besonders musterhafte Ausführungen werden zwei Maschinen hervorgehoben. Die eine von Revollier in St. Etienne mit 1,5 m Zyl.-Durchmesser und 3 m Hub arbeitete mit rund 4 at Dampfdruck im Kessel ohne Expansion und ohne Kondensation. Die Maschine ohne Kessel wog 31745 kg. Die zweite mit 1,2 m Durchmesser und 3 m Hub, war von Diguët in

St. Etienne erbaut. In der sehr genauen Gewichtsangabe der einzelnen Maschinenteile dürfte der Posten „gußeiserne Bohrspäne zum Kitt 508 kg“ besonders interessieren.

Auch sehr bemerkenswerte Versuche wurden damals in Frankreich an einer 1855 erbauten direktwirkenden Maschine von 1,5 m Zylinderdurchmesser und 3 m Hub angestellt und ausführlich mitgeteilt.¹⁾ Die Maschine arbeitete ohne Kondensation. Der Zylinder besaß keinen Dampfmantel, auch sonst keinerlei Wärmeschutz. Die Diagramme Fig. 339 bis 341 zeigen starken Druckabfall bis zum Zylinder, dann ebenfalls starken Druckabfall durch Kondensation des Dampfes im Zylinder. Ein Leerlaufdiagramm derselben Maschine gibt Fig. 341. Beim Abwärtsgang wird ein Gegendruck durch Dampfabspernung unter dem Kolben hergestellt, um eine zu große Beschleunigung des Gestänges zu vermeiden, d. h. das Gleichgewichtsventil ist nur sehr wenig geöffnet, das Austrittsventil ganz offen. Der Kohlenverbrauch für 1 PS-Std. wird zu 8,74 kg und die mit 1 kg Dampf geleistete Arbeit mit Berücksichtigung aller Verluste zu nur 7370 mkg angegeben. Verglichen mit den Cornwall-Maschinen, bei denen nicht selten mit 1 kg Dampf 22000 mkg erreicht wurden, gewiß eine sehr geringe Leistung.

Wasserhaltungsmaschine mit Seitenbalancier.

Fairbairn in Manchester führte 1851 eine Wasserhaltungsmaschine aus, die gegenüber der normalen Balanciermaschine den großen Vorteil bot, den schweren Balancier unmittelbar auf dem Fundament anzuordnen. Die kostspieligen mächtigen Mauerpfeiler, die oft in geradezu gefährlicher Weise die bei den Maschinen nie völlig vermeidlichen gewaltigen Stöße auf das ganze Haus übertragen, wurden dadurch entbehrlich. Die Gesamtanordnung zeigt Fig. 342, während Fig. 343 die Einzelheiten der Maschine und Steuerung erkennen läßt.

Diese Maschinenanordnung war augenscheinlich den Schiffsmaschinen mit Seitenbalancier nachgebildet. Die Dampfverteilung und Steuerung war von den anderen Wasserhaltungsmaschinen im wesentlichen übernommen.²⁾

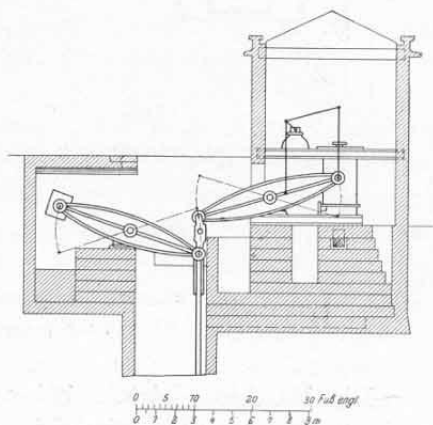


Fig. 342. Wasserhaltungsmaschine von W. Fairbairn, Manchester 1851.

¹⁾ s. Bull. de la Soc. de l'industrie minérale, Bd. 3. 1858.

²⁾ s. W. Fairbairn in Proceed. Inst. Mech. Eng., 1855, S. 177.

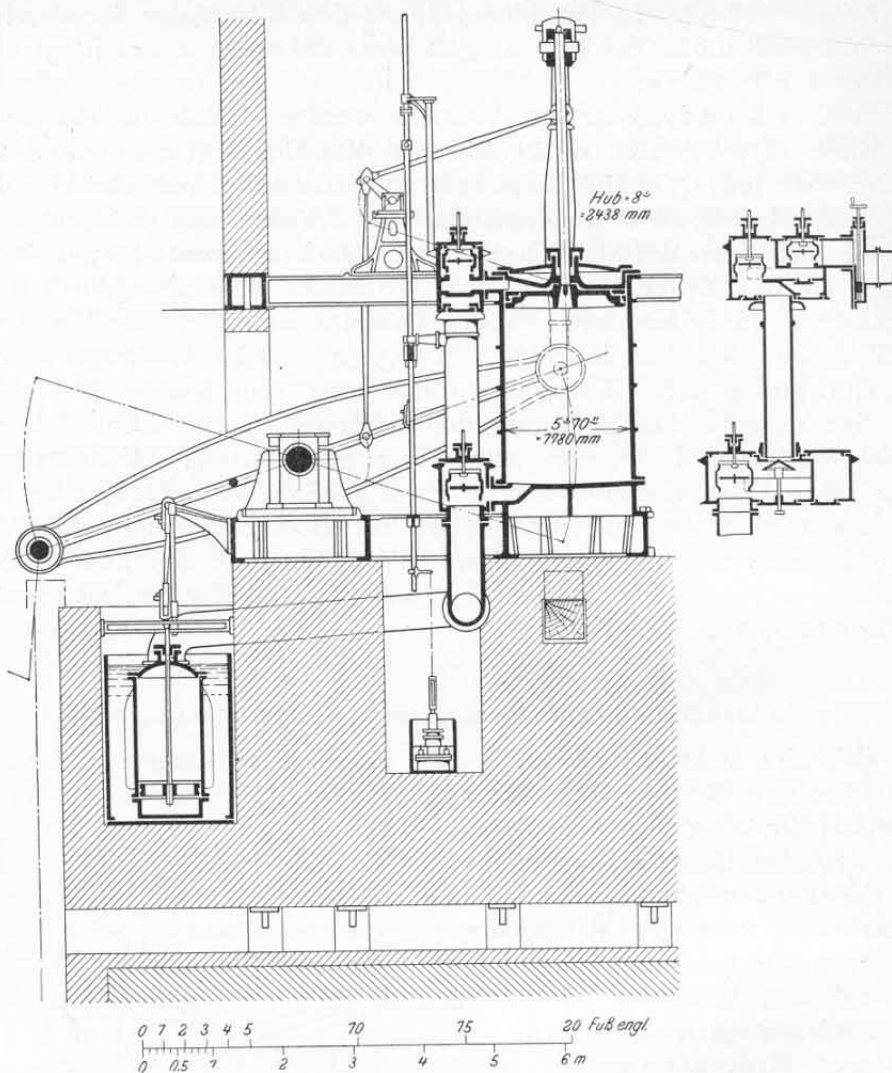


Fig. 343. Wasserhaltungsmaschine, von W. Fairbairn 1851 erbaut.

(Nach Proceed. Inst. Mech. Eng. 1855.)

Die Maschine leistete bei 15 Pfd./Qu.-Zoll (1,05 kg/qcm) Überdruck und 0,2 Füllung rund 160 PS.¹⁾

¹⁾ Auch schrägliegende, direktwirkende Wasserhaltungsmaschinen für tonnenläge Schächte sind als normale Hubmaschinen mit Kataraktsteuerungen in den 50er Jahren mehrfach ausgeführt worden, unter anderem auch von Trappen in der Märkischen Maschinenfabrik in Wetter. Beschrieben sind derartige Maschinen in der Z. d. V. d. Ing., 1861, S. 73, Taf. 6.

2. Pumpmaschinen für Entwässerungszwecke.

Die Pumpmaschine hatte nicht nur den Bergbau vor dem Wasser unter Tage zu erretten, es erwachsen ihr auch gewaltige Aufgaben für Landeskulturzwecke; mit ihr gelang es große Länderstrecken trocken zu legen. Eine ihrer auch technisch großartigsten Leistungen auf diesem Gebiete hat sie in den 40er Jahren mit der Trockenlegung des Harlemer Meeres vollbracht, über die vom allgemeinen Gesichtspunkte aus bereits vorher (S. 64) berichtet wurde. Hier sei noch auf die technisch höchst bemerkenswerten Maschinen näher eingegangen. Eine größere Anzahl selten guter Aufnahmen¹⁾ geben eine Vorstellung von der Steuerung und einigen Einzelheiten und können daher auch vorher hierüber Gesagtes sehr gut ergänzen.

Als man durch äußerste Not gezwungen endgültig an die Trockenlegung des Harlemer Meeres herangehen mußte, war man sich klar, daß nur mit der besten Maschine ein Erfolg zu erreichen war. Vorbilder für Dampfmaschinen, die solche Wassermengen zu bewältigen vermochten, gab es nicht. Es mußte noch nicht Dagewesenes geschaffen werden. Die Maschinen, die man bisher für diese Zwecke benutzt hatte, leisteten nur etwa 30 PS und brauchten meistens 10 kg Steinkohlen für 1 PSst. Geringer Brennstoffverbrauch war aber für Holland gerade besonders wesentlich. Früher hatten Holländer die großen Entwässerungsarbeiten in England und Frankreich ausgeführt, jetzt mußte Holland sich an England wenden und sich von dort Rat und Hilfe holen.

Mit zwei englischen Ingenieuren, Dean und Gibbs, wurden Lieferungsverträge auf Cornwall-Maschinen mit Saugpumpen abgeschlossen, und zwar sollten die Maschinen nach Bauart Sims mit zwei ineinander stehenden Zylindern ausgeführt werden.

Für die geringen Höhen, die vorlagen, nahm man Saugpumpen und keine Druckpumpen. Dadurch wurden wesentliche Veränderungen gegenüber dem Gestänge der Gruben Wasserhaltungsmaschinen notwendig, denn bei den Saugpumpen wurde Wasser beim Aufwärtsgang des Pumpenkolbens gehoben. Wollte man die Bewegung der Cornwall-Maschinen nachahmen, so mußte man den Dampf unter und nicht über dem Kolben einführen; außerdem mußte man die Gewichte statt an der Pumpenstange an der Dampfkolbenstange anbringen. Auch glaubte man die Balanciers nur kraftschlüssig mit den Kolbenstangen des Dampfzylinders verbinden zu sollen, und zwar so, daß sie beim Abwärtsgang niedergedrückt wurden. In dieser Weise führte man auch die erste große Maschine aus, der man zum Andenken an den Mann, von dem das erste große Projekt zur Trockenlegung des Harlemer Meeres herrührte, den Namen Leeghwater gab. Auch

¹⁾ Die photographischen Aufnahmen verdanke ich Ing. R. Reufel in s'Gravenhage, dessen photographischem Geschick es über Erwarten gelungen ist, die großen Schwierigkeiten, die der enge Einbau den Aufnahmen entgegengesetzte, zu überwinden.

die beiden kurze Zeit darauf ausgeführten Maschinen nannte man nach Männern, die in der Geschichte dieser Unternehmung besonders hervorgetreten sind, sie hießen Cruquius und Lijnden. Nur Leeghwater und Cruquius sind bis heute noch erhalten. Hoffentlich bleibt wenigstens einer dieser Maschinen auf dem weiten Land, das sie dem Meere entrissen haben, ein kleines Plätzchen, wo sie als Denkmal einer großartigen technischen Arbeit auch späteren Zeiten noch eine Vorstellung vom alten Maschinenbau geben kann.¹⁾

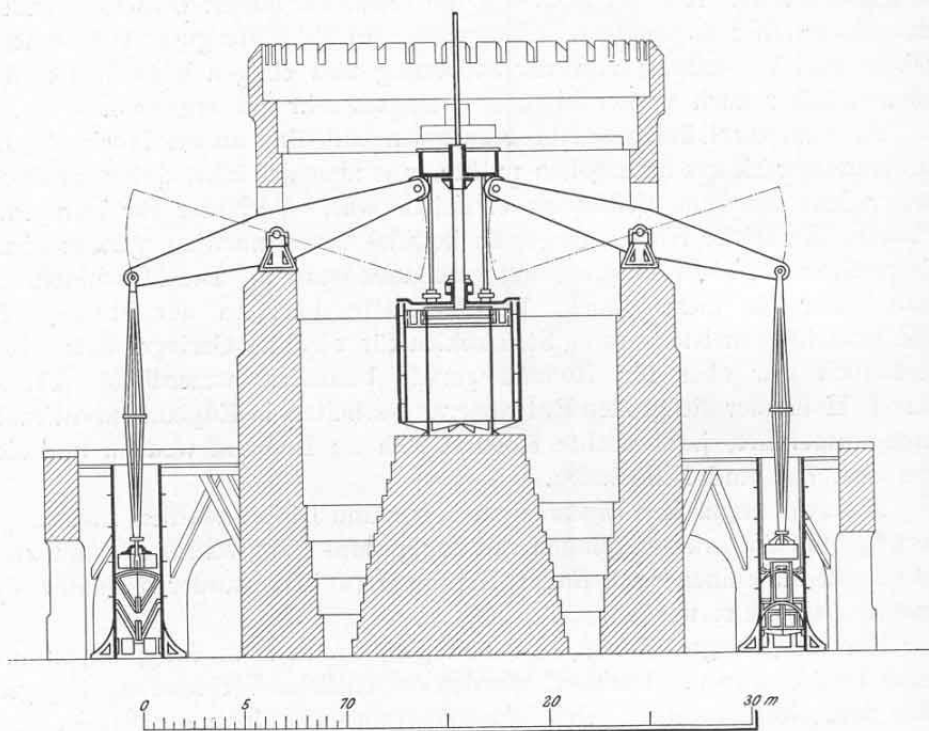


Fig. 344. Maschinenanlage Leeghwater 1845.

Die allgemeine Anordnung ist bei allen drei Maschinen die gleiche. In der Mitte eines turmartigen Maschinenhauses stehen die mächtigen Dampfzylinder. Ihre Kolben arbeiteten auf 11 Balanciers, die strahlenförmig nach allen Seiten aus dem Maschinenhaus hervorragen und mit ihren äußeren Enden die Saugpumpen betreiben, die in einem den Turm umgebenden Kanal untergebracht sind. So erinnert diese Maschinenanlage, die Holland eine neue Provinz erobern sollte, an einen gewaltigen

¹⁾ Ausführliche Angaben über die Maschinen finden sich in: Huët, *Stoombemaling van Polders en Boezems, s'Gravenhage* 1885 (S. 119—123) und G. d'Endegeest, *Die Austrocknung des Harlemer Meeres*, in der *Allgem. Bauztg. von Förster*, Wien 1865, S. 238—325, mit Abb.

Festungsturm, der, von Wallgraben umgeben, seine Geschützrohre den Angreifern nach allen Seiten hin entgegenstreckt.

Fig. 344 zeigt die Maschinenanordnung des Leeghwater. Die im Betrieb befindliche Anlage führt uns Fig. 345 vor Augen. An den Maschinenturm schließt sich nach rechts das Kesselhaus an.

Die Maschine war nach der Bauart Sims (s. S. 443) als einfachwirkende Zweifach-Expansionsmaschine ausgeführt. — Der Hochdruckzylinder mit 2,13 m Durchmesser steht in dem 3,66 m weiten Niederdruckzylinder. Der Hub beträgt 3 m. Fünf Kolbenstangen dienen zur Kraftübertragung.

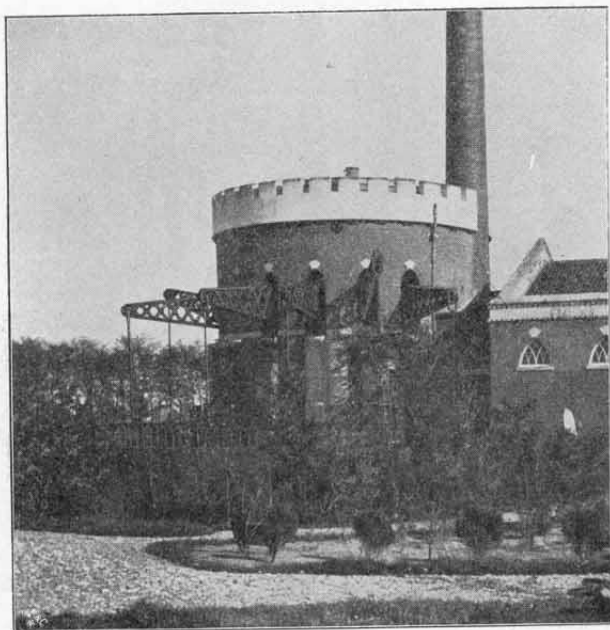


Fig. 345. Leeghwater.

„Diese 5 Stangen tragen einen großen kreisrunden Trog, woran sie stark befestigt sind; dieser Trog wird mit Ballast ausgefüllt, damit aber die Stangen nicht mit dem ganzen Gewicht belastet würden, das der produktive Hub der Maschine haben sollte, so wurde ein Teil dieses Ballastes unmittelbar auf die beiden Kolben gelegt. Nach den Umständen konnte dieses Gewicht vergrößert oder vermindert werden.“

Die ersten Versuche wurden im September 1845 angestellt, nachdem die Lieferzeit nicht unerheblich überschritten worden war. „Alles aber, was von England abgeliefert wurde, war vollkommen.“ Mehrere Bestandteile waren von nie gekannter Größe. Der Dampfzylinder, 3,66 m weit und 3,95 m lang, galt als der größte in der Welt, der, aus einem einzigen Stück hergestellt, mit seltener Genauigkeit bearbeitet war; er wog 22000 kg.

Der Trog für den Ballast am oberen Teil der Kolbenstange, ebenfalls nur ein Stück, hatte ein Gewicht von 22000 kg. Die 11 Pumpenzylinder waren 5,8 m lang und 1,6 m weit und wogen je 6200 kg. Die Aufstellung der Maschine machte die größten Schwierigkeiten.

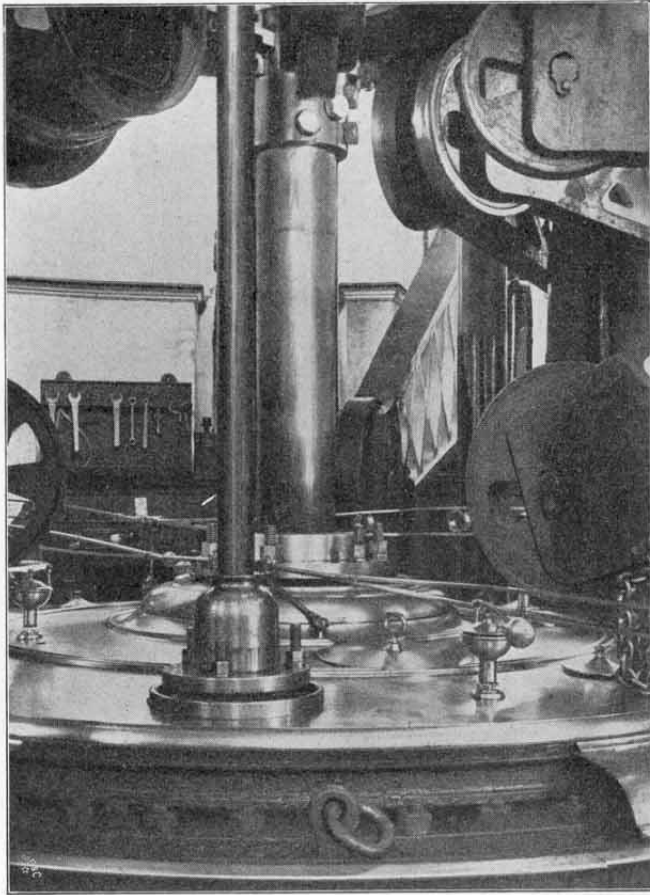


Fig. 346. Blick auf den Dampfzylinder (Leeghwater).

Was die Wirkungsweise der Maschine anbelangt, so wird das Belastungsgewicht durch den Dampfdruck unter dem Hochdruckkolben gehoben, der Raum unter dem ringförmigen Niederdruckkolben ist stets mit dem Kondensator verbunden. Beim Aufwärtshub sind auch die Räume über beiden Kolben mit dem Kondensator verbunden. Dem aufwärts sich bewegenden Belastungsgewicht folgen die mit Rollen ausgerüsteten Balancierenden, die durch das Übergewicht der Pumpenkolben und Stangen sich entsprechend heben. Sind beide Kolben, die durch Kolbenstangen und

Belastungstrog starr miteinander verbunden sind, in ihrer obersten Stellung angekommen Fig. 344, so wird das Gleichgewichtsventil geöffnet, der Arbeitsdampf des Hochdruckzylinders tritt über beide Kolben und unterstützt so durch Arbeit auf den Niederdruckkolben die Wirkung der Kolbengewichte beim Abwärtshub.

Einen Blick auf den Dampfzylinder gibt Fig. 346. Ein Teil des ringförmigen Schutzdeckels für den Niederdruckzylinder ist entfernt, um die Befestigung des Zylinderdeckels durch Schrauben mit vierkantigen Muttern zu zeigen. Die Balancierenden mit ihren Rollen sind ebenfalls gut zu erkennen. Drei Pumpen sind abgekuppelt, ihre Balanciers werden durch Ketten festgehalten. Die quer über dem Zylinder angebrachten dünnen

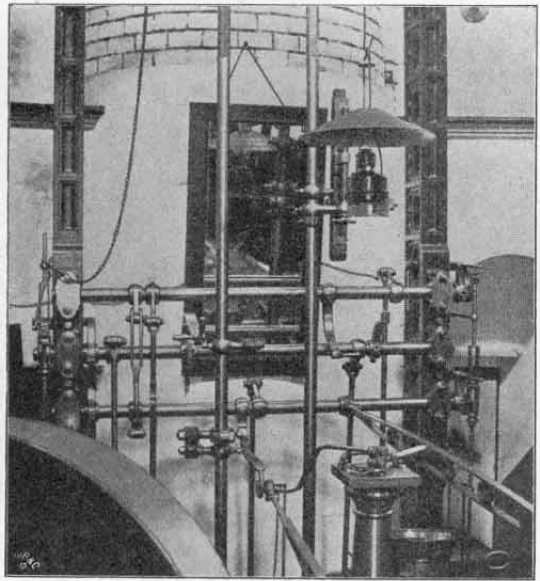
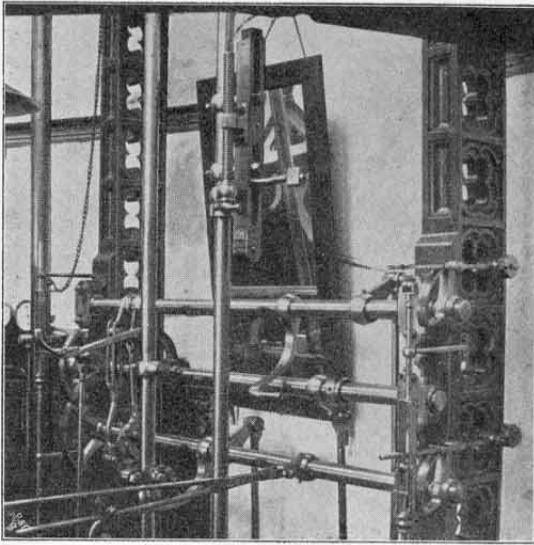


Fig. 347 u. 348. Steuerung (Leegwater).

Stangen dienen zur Bedienung des Einspritzzahnes für den Kondensator. Die Fig. 347 u. 348 zeigen die interessante Katarakt-Steuerung von zwei verschiedenen Seiten. Ein Spiegel an der Wand ermöglicht es dem Maschinenwärter, von seinem Standort am Drosselventil aus die Stellung der Steuerung zu beobachten.

Einen Blick in den ringförmigen, bei Betrieb der Maschinen natürlich mit Wasser gefüllten Kanal und auf eine der Pumpen mit hochgehobenem Ventilkolben gibt Fig. 349. Der Pumpenhub beträgt 3 m, der Durchmesser der Pumpe 1,6 m. Jede Pumpe kann also mit einem Hub 6 cbm Wasser heben. Es wurden 11 Pumpen aufgestellt; die Anordnung ist so getroffen, daß man auch mit 9, mit 8 und endlich nur mit 3 Pumpen arbeiten kann. Die Maschine sollte minutlich 10 Hübe machen und 300 bis 450 PS leisten.

Zylinder und Pumpe wurden von Harvey & Co. in Cornwall, Balancier und Kessel von den holländischen Firmen Paul van Vlissingen und Dudok van Heel in Amsterdam angefertigt.

Sobald die Maschine fertig aufgestellt war, ging es an die ersten Versuche. „Es war ein peinlicher aber erhabener Moment, als der zum ersten Male in Bewegung gesetzte Koloß seine Arbeit begann, freilich in noch unvollständiger Art; was bisher nur in der Idee des Menschen gelegen, sah man nun verwirklicht. Diese plötzlich belebte Masse bot unsern Blicken in ihrer prachtvollen Gesamtheit ein großartiges Schauspiel, das sich in



Fig. 349. Pumpenanlage (Leeghwater).

majestätischer Weise entwickelte. Bisher war der Leeghwater nur ein Versuch gewesen, und nun sah man den Versuch gelungen. Die Kommission betrachtete mit unaussprechlichem Vergnügen die Frucht ihrer gewagten Arbeit.“

Aber noch manches mußte geschehen, bis alles in Ordnung war. So war eine Vorrichtung angebracht, die den Ballast in der höchsten Lage so lange festhielt, bis die Balancierenden nachgekommen waren und mit ihm wieder in Berührung standen. Anfangs aber fiel das riesige Gewicht etwa 20 cm zurück, es entstanden so heftige Stöße, daß die Ketten der Pumpenkolben zerrissen und anderes Unheil mehr. Man mußte auch mit

geringerer Geschwindigkeit, als zuvor beabsichtigt, arbeiten, statt 10 Hübe machte die Maschine nur etwa 6 bis 7 Hübe.

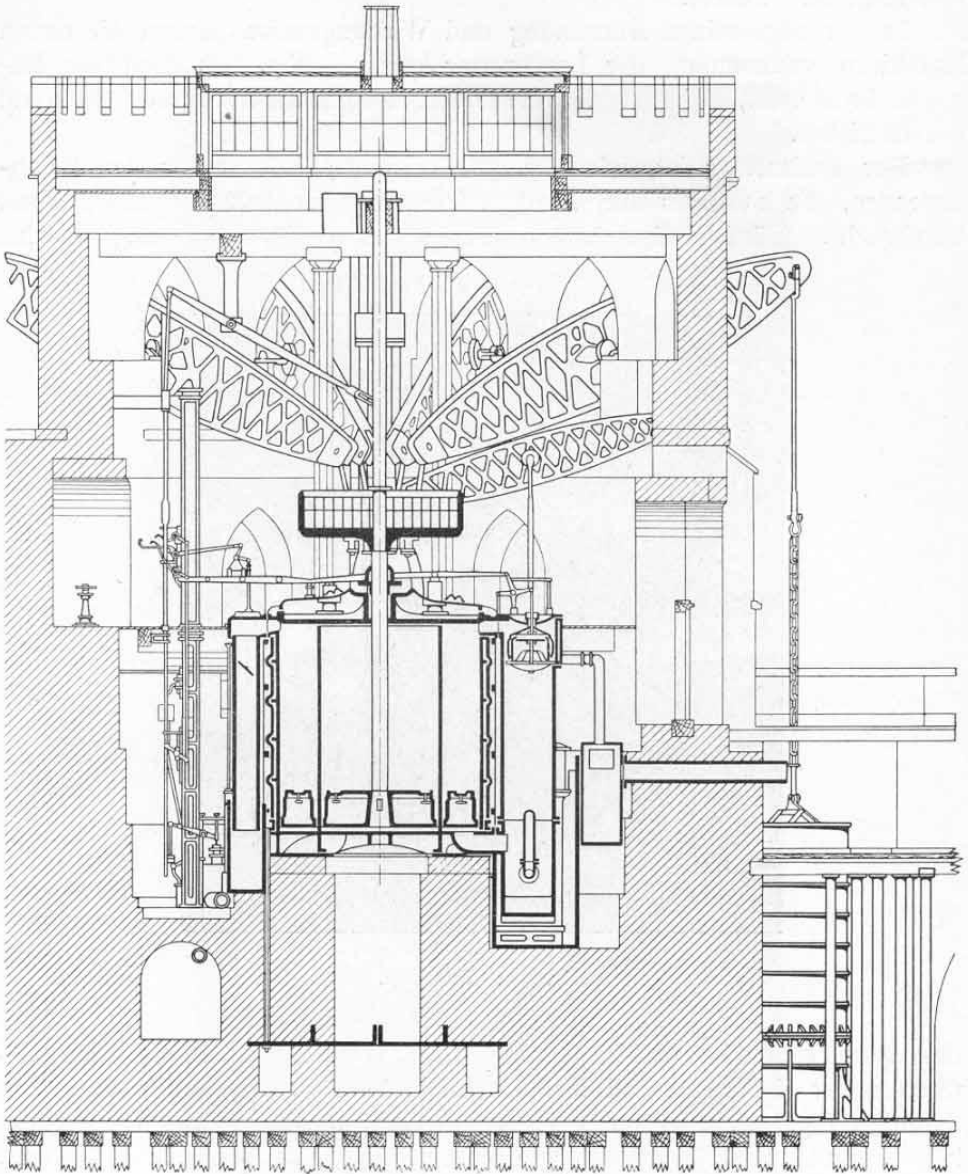


Fig. 350. Maschinenanlage Cruquius 1849.

Im Mai 1848 begann die Maschine zu arbeiten. Aber noch $2\frac{1}{2}$ Jahre mußte die Maschine untätig bleiben, bis der See durch Dämme vollständig vom Meer abgeschlossen war. Während dieser Zeit wurde die Maschine jeden Monat einen Tag betrieben, um die Mechaniker zu üben und dem Publikum Gelegenheit zu geben, diesen neuen und riesenhaften Bau zu

sehen. Als die Maschine sich bewährte, wurden sofort zwei neue Maschinen, der „Cruquius“ und „Lijnden“, in Angriff genommen; auch diese wurden von England geliefert.

In der allgemeinen Anordnung und Wirkungsweise glichen die neuen Maschinen vollkommen der Leeghwater-Anlage. Fig. 350 zeigt die Maschine im Schnitt, Fig. 351 gibt die äußere Ansicht des „Cruquius“ während des Betriebes.

Der Ballasttrog ist, wie Fig. 352 erkennen läßt, unter den Balancierenden, die mit ihm durch kurze Gelenkstangen fest verbunden sind, angebracht. Fünf Kolbenstangen tragen das riesige Belastungsgewicht.

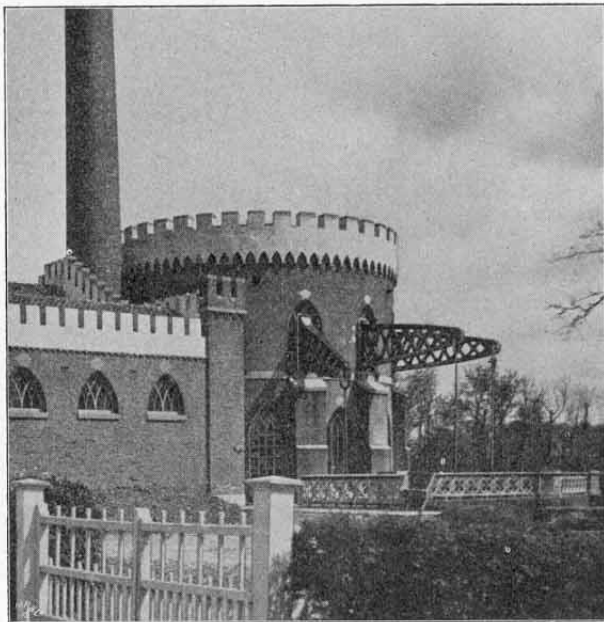


Fig. 351. Cruquius.

Der leere Ballastkasten wiegt 18000 kg, vollbelastet einschl. des Gewichtes der Kolben und Kolbenstangen 85 bis 86 t. Ein Blick über den Zylinder, Fig. 353, zeigt die 305 mm starke Kolbenstange des Hochdruckkolbens und drei von den 114 mm dicken Stangen des Niederdruckkolbens.

Man hatte also hier die rein kraftschlüssige Verbindung, die bei der Leeghwater-Maschine zu schweren Unglücksfällen geführt hatte, aufgegeben. Trotzdem behielt man aber auch hier als Sicherheitsvorrichtung die hydraulische Feststellung des Belastungsgewichtes bei. Diese Vorrichtung, „Hydraulik“ genannt, besteht aus zwei vom Belastungstrog aus direkt betriebenen gleichhubigen kleinen Pumpen. Beim Aufwärtsgang wird Wasser angesaugt, ein Rückschlagventil verhindert das Zurückgehen des

Wassers, so bleibt der Trog auf diesen Wassersäulen ruhen, bis ein Umlaufventil, zugleich mit der Dampfverteilung geöffnet, den Abwärtsgang ermöglicht.

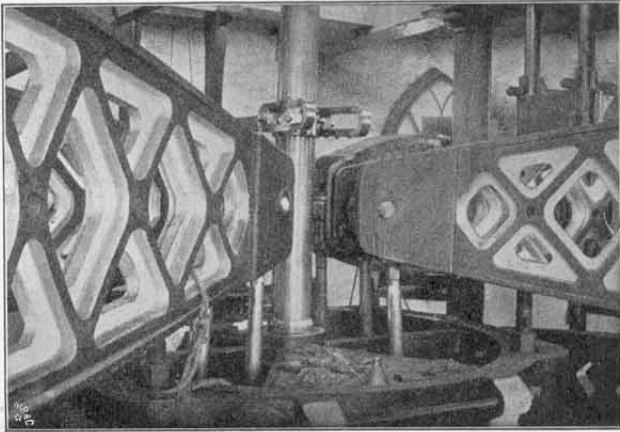


Fig. 352.

Ballastkasten und Verbindung mit den Balancierenden (Cruquius).

Ein Bild von der Steuerung des „Cruquius“ geben die Fig. 354 u. 355. Wellen- und Klinkenquadranten sind deutlich zu erkennen. Im Hintergrund

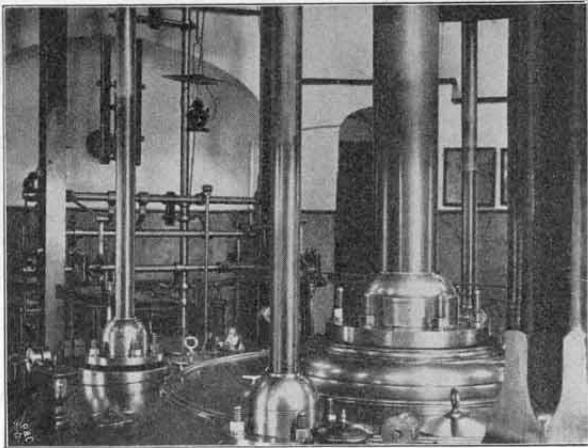


Fig. 353. Blick über den Zylinderdeckel.

Fig. 355 ist das Handrad der Drosselklappe, die ständig, um den genauen Kolbenhub zu bestimmen, bedient werden muß, zu sehen. Eine Ruhebänk für den Maschinenwärter steht deshalb daneben. Fig. 356 zeigt

noch die bemerkenswerte Ausbildung und Zusammensetzung des Dampfmantels.

Die neuen Maschinen hatten nur 8 statt 11 Pumpen, die aber soviel größer waren, daß sie die gleiche Wassermenge zu fördern vermochten. Als Leistung der Maschinen war vertraglich bei einer Leistung von 350 PS

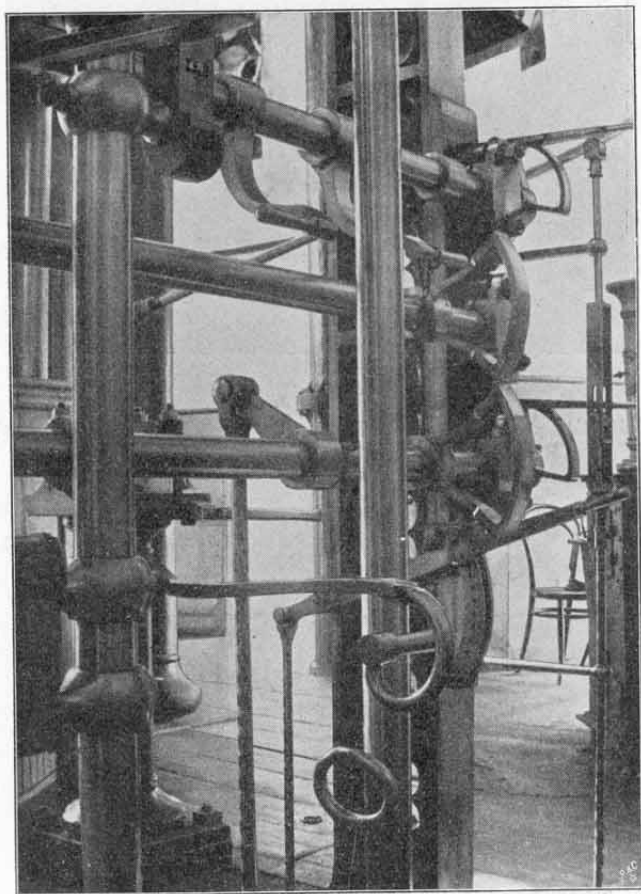


Fig. 354. Steuerung.

70 bis 75 Mill. Fußpfund mit 1 Scheffel (94 Pfd. engl.) bester englischer Steinkohle festgesetzt worden (226970 bis 243183 mkg für 1 kg Kohle). Für jede über 75 hinausgehende Million sollte der Ingenieur 200 Gulden erhalten. Was man gewährleistete hatte, wurde, wie die Versuche zeigten, auch erfüllt.

Im Juli 1852 war der See ausgetrocknet. Die Maschinen hatten die große Aufgabe der Trockenlegung gelöst, es blieb ihnen nur übrig, das Land auch trocken zu erhalten.

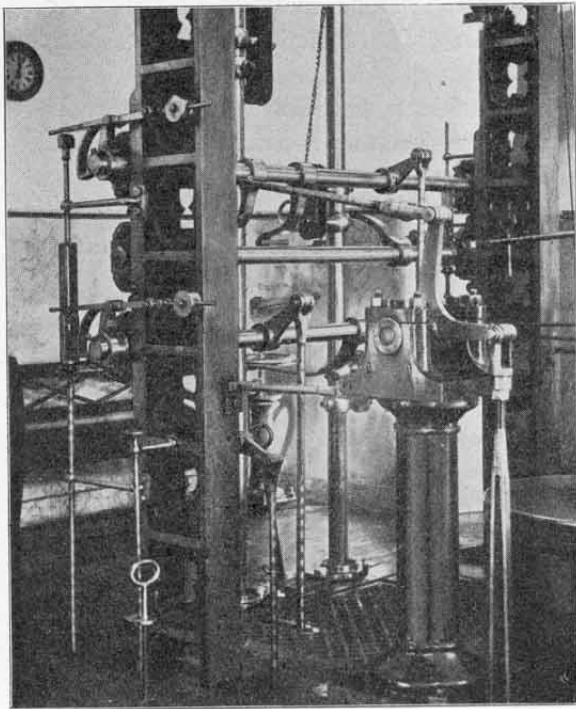


Fig. 355. Steuerung.

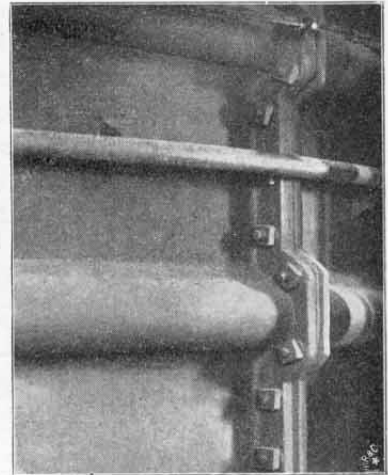


Fig. 356. Dampfmantel.

3. Wasserwerksmaschinen.

A. Die einfachwirkenden Hubmaschinen.

Nicht minder bedeutsam als für die eben behandelten Gebiete ist die Dampfmaschine für die Wasserversorgungsanlagen der Städte; denn nur wenige Gemeinden sind durch Naturverhältnisse so begünstigt, daß sie der Dampfkraft zum Heranschaffen und Verteilen des Wassers nicht bedürfen. Auch die Luxus-Wasserwerke, die Druckwasser zum Betrieb von Springbrunnen u. a. brauchen, haben sich frühzeitig der Dampfkraft bedient.

In Anordnung und Ausführung knüpfen die Wasserwerksmaschinen unmittelbar an die Wasserhaltungsmaschinen an. Der gleiche Zweck beider, Wasser auf eine bestimmte Höhe zu fördern, legte es nahe, die gleiche Maschine für beide Zwecke zu verwenden, obwohl die näheren Betriebsverhältnisse schon durch Wegfall des langen Gestänges wesentlich voneinander abwichen.

Die Londoner Wasserwerke gehörten lange Zeit technisch zu den bemerkenswertesten. Hier hatte man von der Savery-Maschine an alle Ma-

schinenarten verwendet, im langjährigen Betriebe nacheinander ihre Vor- und Nachteile studiert und stets das Bestreben gehabt, das Gute durch das Bessere zu ersetzen.

Auch der bei den Wasserhaltungsmaschinen geschilderte Kampf zwischen den Wattschen Niederdruckmaschinen und den Hochdruck-Expansionsmaschinen wurde hier zugunsten der letzteren entschieden, besonders nachdem Wicksteed durch ausgedehnte Versuche die große Brennstoffersparnis einwandfrei nachgewiesen hatte. Genau nach dem Muster dieser Londoner Maschine wurde auch die erste Hamburger Maschine und auch die 1859 in Betrieb gesetzte Magdeburger Wasserkunst erbaut.

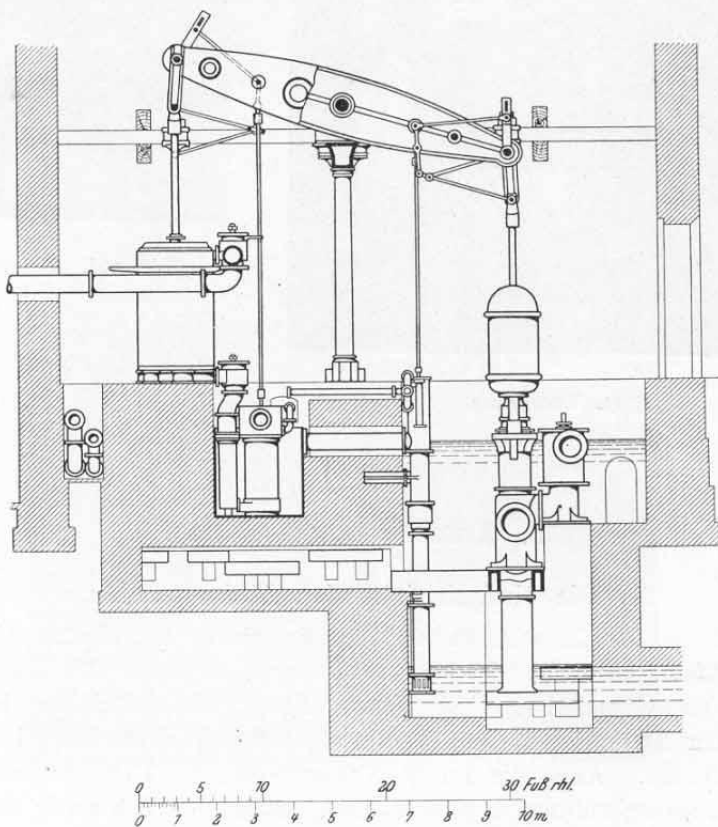


Fig. 357. Magdeburger Wasserkunst 1859.

Diese Magdeburger Maschine möge als Beispiel für die einfachwirkende Expansions-Dampfmaschine der Wasserwerke dienen. Die Fig. 357 bis 359 geben die allgemeine Anordnung, Zylinder und Steuerung wieder.¹⁾

Hatte man aus der Not, lange und schwere Gestänge bei den Wasserhaltungsmaschinen verwenden zu müssen, mit der Zeit eine Tugend gemacht,

¹⁾ Genaue Zeichnung s. Wiebe, Skizzenbuch, Heft 14, Blatt 3 und 4.

indem man es lernte, mit ihrer Hilfe hohe Expansion anzuwenden, so mußte man bei den Wasserwerksmaschinen die dort von vornherein gegebenen Ausgleichsmassen künstlich herstellen, indem man auf dem Pumpenkolben große Belastungsgewichte anbrachte. Gewöhnlich waren es gußeiserne Kästen, die mit Gewichten den Betriebsverhältnissen entsprechend angefüllt wurden.

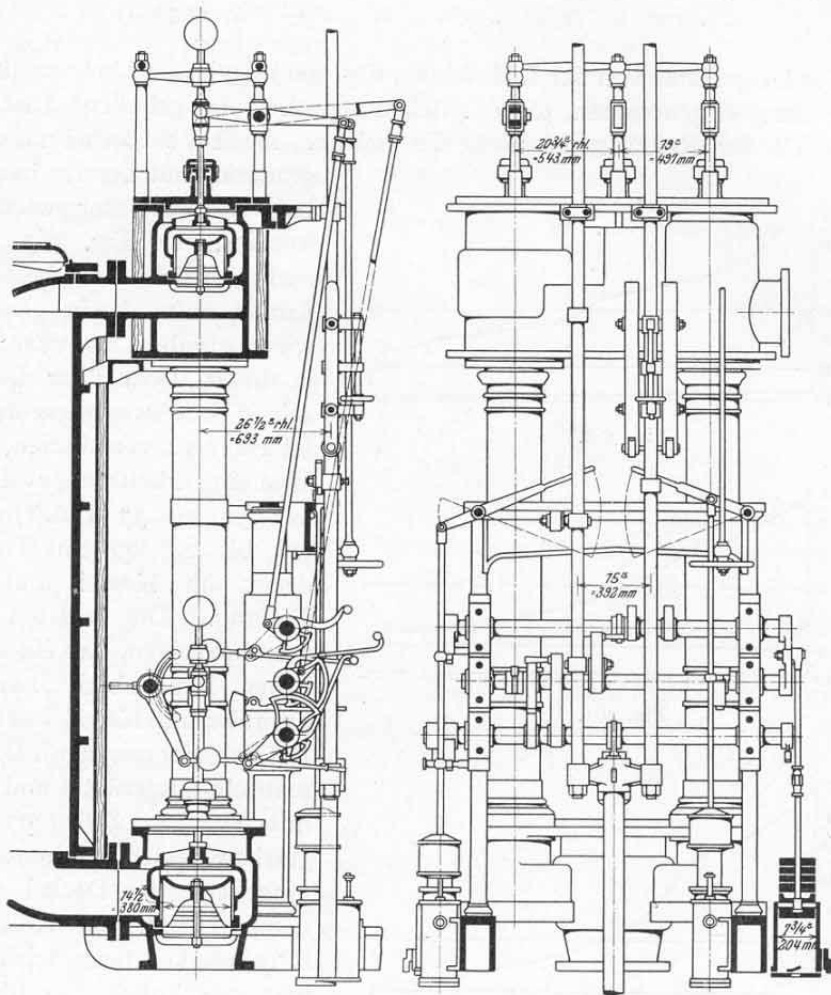


Fig. 358 u. 359. Steuerung zur Maschine Fig. 357.

Die Steuerung gleicht genau der bei den Wasserhaltungsmaschinen beschriebenen Kataraktsteuerung.

Die Betriebsverhältnisse derartiger Maschinen mögen die Diagramme Fig. 360 bis 365 näher erläutern¹⁾, die den besonders berühmt gewordenen Cornwall-Maschinen der East London Works in den 50er Jahren entnommen wurden.

¹⁾ s. Greaves Proc. Inst. of mech. Eng., 1862, S. 147.

Die Abmessungen der Maschinen waren:

Zylinderdurchmesser:	Hub:
I. 72 Zoll (1829 mm)	9 Fuß 7 $\frac{1}{2}$ Zoll (2,93 m)
II. 80 „ (2032 „)	9 „ 9 „ (2,98 „)
III. 90 „ (2286 „)	10 „ 7 „ (3,22 „)
IV. 100 „ (2540 „)	11 „ — „ (3,35 „)

Die Diagramme von der I. Maschine, Fig. 360 bis 364, sind bei verschiedenen Füllungen genommen, die eff. Belastung, d. h. die gehobene Last ausschließlich der Reibung, ist stets die gleiche. Auch Ventilerhebungs-Diagramme sind bereits hier mit Hilfe des Indikator genommen worden, wie Fig. 365 zeigt, und es wird auch besonders darauf aufmerksam gemacht, wie vorteilhaft es wäre, sich in dieser Weise über die einzelnen Steuerungsvorgänge Klarheit zu verschaffen. Die Maschine arbeitete gewöhnlich mit 30 bis 35 Pfd./Qu.-Zoll (2,1 bis 2,5 kg/qcm) Dampfdruck im Kessel und 0,25 Füllung. Die meisten Diagramme zeigen, daß ein erheblicher Druckabfall zwischen Zylinder und Kessel stattfand. Die Zylinder waren mit Dampf-

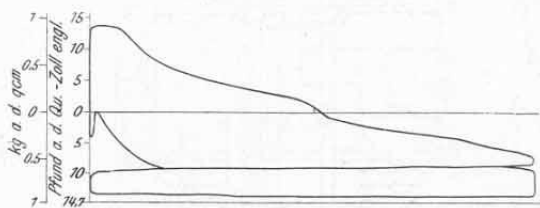


Fig. 360.

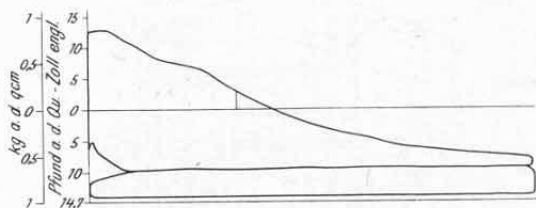


Fig. 361.

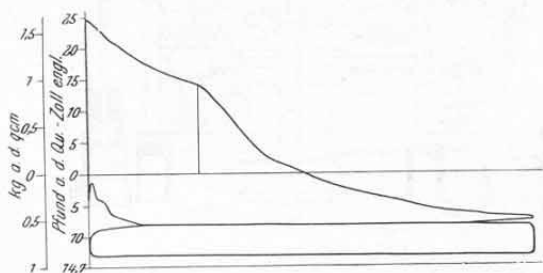


Fig. 362.

Diagramme einer einfachwirkenden Pumpmaschine.

bei den Wasserhaltungsmaschinen gewöhnlich die doppelte Zeit gebraucht wurde. Der schädliche Raum wurde möglichst gering gehalten, er betrug bei der 100zölligen Maschine $3\frac{1}{3}$ v. H.

Der Brennstoffverbrauch im Vergleich zu den Wattschen Niederdruckmaschinen wurde von Wicksteed, dem Ingenieur der vorhergenannten Wasser-

mänteln ausgerüstet und noch mit einer 12 Zoll (305 mm) starken feinen Aschenschicht umgeben; die Deckel waren nicht geheizt. Die Kolbengeschwindigkeit beim Arbeitshub war gewöhnlich 500 bis 600 Fuß in der Minute (2,54 bis 3,05 m/sk), d. h. für einen 10 Fuß langen Hub brauchte die Maschine 1 sek., während

werke, 1841 durch sehr ausführliche Versuche festgestellt.¹⁾ Danach ergab sich, daß die Niederdruckmaschine etwa $2\frac{1}{4}$ mal soviel brauchte als die Cornwall-Maschine, die mit 112 Pfd. Kohlen 97,14 Mill. Fußfund (264 349 mkg f. 1 kg Kohle) leistete, während die Wattsche Maschine es nur auf 42,84 Mill. Fußfund (116 581 mkg f. 1 kg Kohle) brachte, das gab für 1 PS-st etwa 2 Pfd. (0,9 kg) bei den Cornwall-Maschinen und 4,6 Pfd. (2,09 kg) bei den Niederdruckmaschinen. Diese für damalige Verhältnisse glänzenden Leistungen machten die Cornwall-Maschinen für Jahrzehnte zur bevorzugten Wasserwerksmaschine, und noch in den 70er Jahren kommen Ausführungen dieser Maschinen vor.

Die großen Nachteile dieser Bauart fingen aber doch schon in den 50er Jahren an, maßgebende Ingenieure zu beschäftigen. Die riesigen Abmessungen, in denen man diese Maschine ausführte, erhöhten ganz außerordentlich die Kosten. Die 100zöllige (2540 mm) Cornwall-Maschine in den East London-Wasserwerken leistete etwa 250 PS und die Anlagekosten einschließlich 6 Kessel, Schornstein, Windkessel, Standrohr und Maschinenhaus betragen etwa 23000 bis 24000 £, d. h. auf eine Wasserpferdestärke kamen fast 100 £ als Betriebsanlagekosten. Einschließlich der Reparatur, aber ohne Zinsen und Amortisation, wurden bei 24 Stunden für 1 PS gewöhnlich 1 s. gerechnet. Doppeltwirkende Maschinen von gleicher Leistung kosteten höchstens $\frac{1}{3}$ soviel.

Dazu kamen Betriebsschwierigkeiten durch die sehr verwickelte Steuerung; nur sehr geschickten Maschinisten gelang es, die großen, nicht

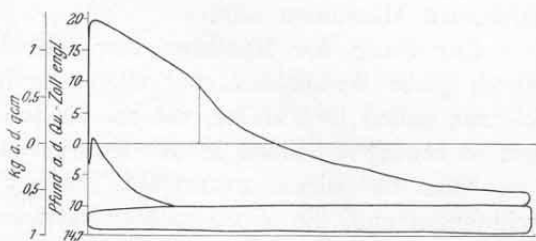


Fig. 363.

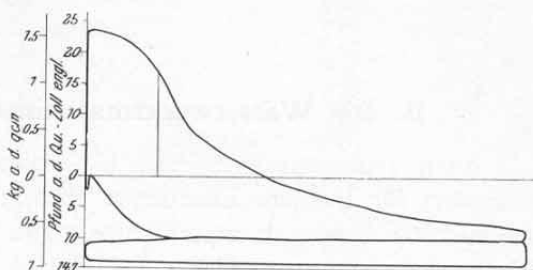


Fig. 364.

Diagramme einer einfachwirkenden Pumpmaschine.

erhöhten ganz außerordentlich die Kosten. Die 100zöllige (2540 mm) Cornwall-Maschine in den East London-Wasserwerken leistete etwa 250 PS und die Anlagekosten einschließlich 6 Kessel, Schornstein, Windkessel, Standrohr und Maschinenhaus betragen etwa 23000 bis 24000 £, d. h. auf eine Wasserpferdestärke kamen fast 100 £ als Betriebsanlagekosten. Einschließlich der Reparatur, aber ohne Zinsen und Amortisation, wurden bei 24 Stunden für 1 PS gewöhnlich 1 s. gerechnet. Doppeltwirkende Maschinen von gleicher Leistung kosteten höchstens $\frac{1}{3}$ soviel.

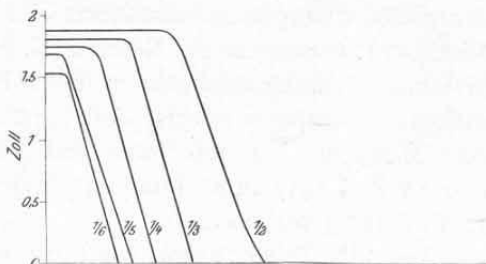


Fig. 365. Ventilerhebungsdiagramme.

¹⁾ Th. Wicksteed, On the Cornish Engine, London 1846.

in ihrem Hub zwangschlüssig begrenzten Gewichte, dauernd betriebssicher zu handhaben.¹⁾ Solche Maschinenwärter aber waren teuer.

Auch die Abkühlungsverluste waren bei den großen Abmessungen der Maschine sehr bedeutend. Je mehr man die Bedeutung der Eintrittskondensation²⁾ erkannte, um so mehr mußte man gegen diese riesigen, langsamlaufenden Maschinen sein.

Der Gang der Maschine war sehr ungleichmäßig; man suchte sich durch große Windkessel, vor allem durch Standrohre, zu helfen, die sich bis zur vollen Druckhöhe, oft 100 bis 200 Fuß (30 bis 60 m) Höhe erhoben, um so etwaigen Stößen in der Rohrleitung möglichst zu begegnen.

Alles dies wirkte zusammen, um das Bedürfnis nach einer neuen Maschinengattung, die neben größter Betriebssicherheit wirtschaftlichen Betrieb ermöglichte, immer dringender werden zu lassen.

B. Die Wasserwerksmaschinen mit Drehbewegung.

Auch Pumpmaschinen mit Drehbewegung hat man schon frühzeitig besonders für kleinere Leistungen erbaut. Auch aus der Sohoer Fabrik waren 1807 bereits Pumpmaschinen mit Kurbelantrieb für ein Londoner Wasserwerk erbaut worden. Die ersten größeren Wasserwerksmaschinen Amerikas waren ebenfalls mit Kurbel und Schwungrad ausgerüstet. Eine geschichtlich besonders denkwürdige Maschinenanlage zeigt Fig. 366; sie veranschaulicht die 1800 in dem Wasserwerke zu Philadelphia in Betrieb genommene Dampfmaschine, die uns wieder in die ersten Zeiten des Dampfmaschinenbaues zurückversetzt.

Die Maschine gehört zu den ersten in Amerika erbauten größeren Dampfmaschinen. Das Wasserwerk hatte zwei Maschinen, die in den nach der ersten Dampfmaschinenfabrik der Welt benannten „Soho“-Works von Nicholas J. Roosevelt bei Newark (N.-J.) erbaut waren. Die eine, $38\frac{1}{2}$ Zoll (978 mm) Zylinderdurchmesser und 6 Fuß (1,83 m) Hub, trieb eine doppelwirkende Pumpe von $17\frac{1}{2}$ Zoll (444 mm) Weite und 6 Fuß Hub; die andere Maschine, Fig. 366, hatte bei gleichem Hub 32 Zoll (813 mm) Dampf- und 18 Zoll (457 mm) Pumpenzylinder-Durchmesser; sie hob das Wasser 51 Fuß (15,5 m) hoch.

Der $38\frac{1}{2}$ Zoll (978 mm) weite eiserne Zylinder der ersten Maschine konnte damals noch nicht in einem Stück gegossen werden; er wurde in der Mitte geteilt, mit kupfernen Ringen verlötet und durch einen umgelegten starken

¹⁾ Die Hubbegrenzung geschah hier übrigens nicht, wie anfangs, durch lange federnd aufgestellte Holzbalken, sondern durch Hartholzklötze, die auf starken Gummischeiben ruhten.

²⁾ W. Siemens schlug schon 1862 vor, ev. auch den Kolben zu heizen, um die zu großen Abkühlungsverluste etwas herabzudrücken.

gußeisernen Ring verbunden. Außerordentliche Schwierigkeiten machte das Ausbohren des Zylinders, das über vier Monate dauerte. Höchst eigentümlich

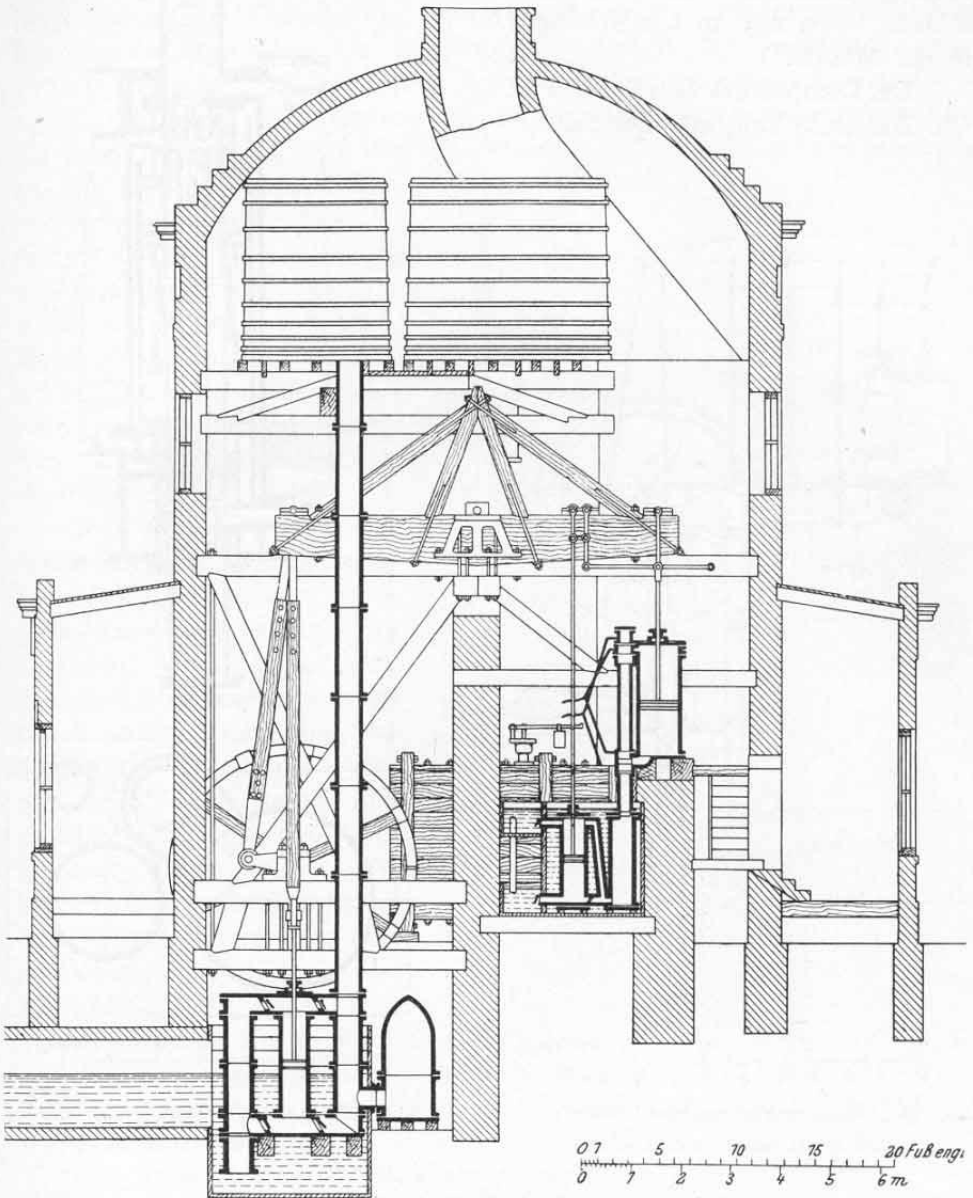


Fig. 366. Wasserwerksmaschine in Philadelphia, erbaut 1800.

(Nach Engineering 1876 II., S. 384.)

berührt der hölzerne Kessel, der damals übrigens mehrfach in Amerika ausgeführt wurde. Die innere Feuerbüchse und die Heizkanäle waren anfangs aus Gußeisen, später aus Schmiedeeisen gefertigt. Bei der Maschine

waren außer dem Kessel auch Balancier, Maschinengestell, Schubstangen, Schwungradarme und die Wasserbehälter noch aus Holz. Die Maschinen liefen mit 16 Umdrehungen in der Minute.¹⁾

Der Dampfdruck betrug $2\frac{1}{2}$ Pfd. Qu.-Zoll (0,18 kg/qcm). Die „duty“

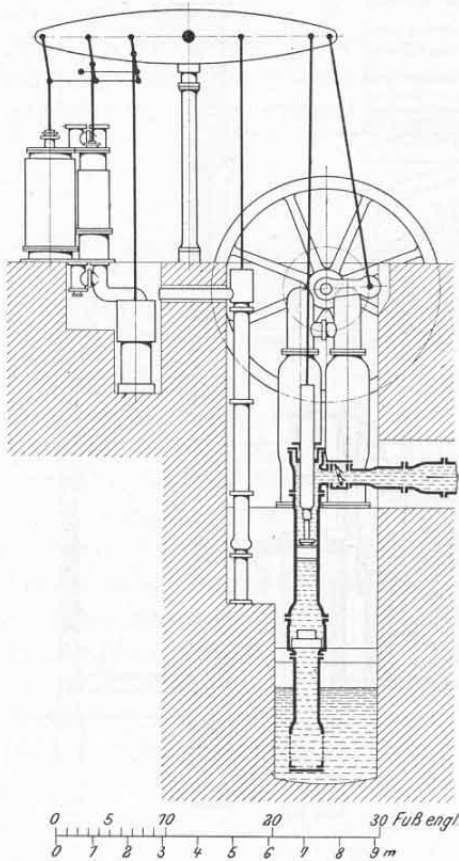


Fig. 367. Wasserwerksmaschine London 1852.

(Nach *Proceed. Inst. of mech. Eng.* 1862.)

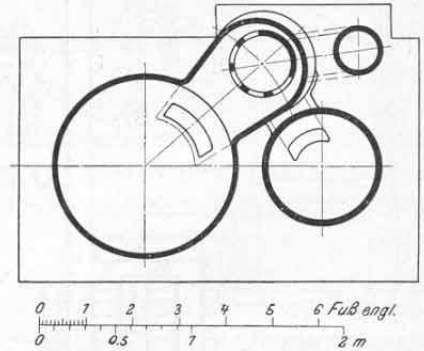
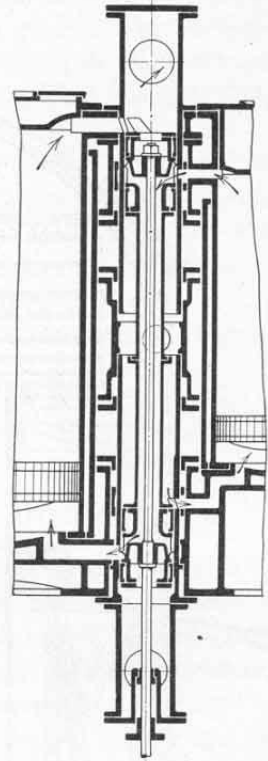


Fig. 368 u. 369. Kolbenschiebersteuerung zur Maschine Fig. 367.

belieft sich auf 4,79 bzw. 4,09 Mill. Fußpfund für 1 Bushel (zu 100 Pfd.) Steinkohlen. (14599 bzw. 12465 mkg f. 1 kg Kohle.)²⁾

¹⁾ Die erste hob 1 474 500 ale gallons (jede zu 232 Kubikzoll gerechnet) in 24 Stunden auf 39 Fuß Höhe, die andere 962 520 ale gallons auf 51 Fuß.

²⁾ Anfangs der 70er Jahre rechnete man durchschnittlich mit rd. 30 Mill. und in günstigsten Fällen bis 90 Mill. s. *Engg.* 1876, Bd. II, S. 384.

In England gaben 1848 die Lambeth-Wasserwerke in London die unmittelbare Veranlassung zum Bau von Maschinen mit Drehbewegung, weil sie verlangten, Wasser durch eine 30 Zoll (762 mm) weite und 9 Meilen (14,5 km) lange Wasserleitung unmittelbar mit den Pumpen zu drücken. Ein gleichmäßiger Gang war unbedingt erforderlich. Die Ingenieure Simpson, Pole und Thomson griffen deshalb wieder auf Woolfsche Maschinen zurück, da diese hohe Expansion und gleichmäßigen Gang ermöglichten. Sie führten 1852 die erste derartige Woolfsche Maschine mit Drehbewegung aus, die bald das größte Interesse erregte. In vielen Ausführungen in London und auch auf dem Kontinent benutzt, wurde sie nach der Cornwall-Maschine die normale Wasserwerksmaschine für alle größeren Anlagen, die auf besonders wirtschaftlichen Betrieb Wert legten.¹⁾

Fig. 367 stellt die Gesamtanordnung der genannten Maschine auf den Lambeth-Wasserwerken dar. Besonderen Wert legten die Konstrukteure auf eine möglichst einfache Steuerung, die geringen Druckabfall, kleinen schädlichen Raum und möglichsten Schutz vor Abkühlung geben sollte. Sie kamen auf den Kolbenschieber und führten ihn in einer sehr geschickten Weise, wie die Fig. 368 und 369 zeigen, aus.

Selbstspannende Ringe dienten als Dichtung. Die Diagramme, Fig. 370 und 371, zeigen geringen Druckabfall der Maschine. Der Inhalt der kleinen Zylinder war etwa $\frac{1}{4}$ vom großen. Die Dampfleitung hatte 6 Zoll (152 mm) Durchmesser.

Die Abmessungen der Maschine waren:

Hochdruckzyl.	28 Zoll (711 mm)	Zyl.-Dchm. und 5 Fuß $6\frac{3}{8}$ Zoll (1,69 m)	Hub
Niederdruckzyl.	46 „ (1168 mm)	„ „ 8 „	(2,44 m) „
Pumpen-Plunger	16 $\frac{1}{2}$ „ (419 mm)	„ „ 6 „ 11 $\frac{3}{8}$ „	(2,12 m) „

Die Maschine lief mit 14 Umdrehungen in der Minute.

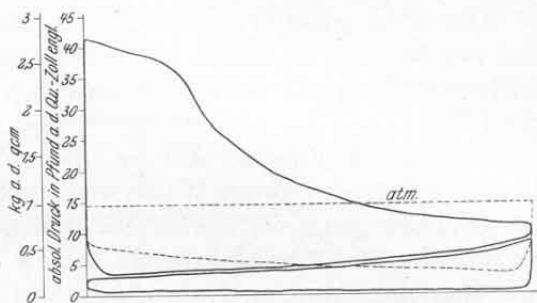


Fig. 370.

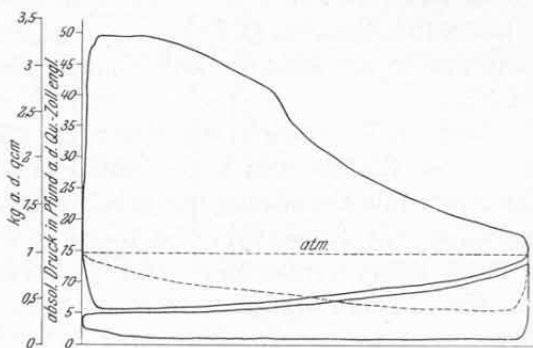


Fig. 371.

Diagramme zur Maschine Fig. 367.

¹⁾ Ausführliche Mitteilungen hierüber s. Will. Pole und D. Thompson, On the double Cylinder expansive steam engine in Proc. Inst. Mech. Eng. 1862, S. 242 u. 259.

Vier gleiche Maschinen von je 150 PS waren nebeneinander aufgestellt. Neu war besonders gegenüber den früheren Woolfschen Maschinen, daß der Hochdruckzylinder nicht volle Füllung erhielt, sondern in ihm schon expandiert wurde. England blieb mit diesen Maschinen zuerst führend.

Englische Ingenieure bauten auch die ersten großen Wasserwerke bei uns in Deutschland. Besonders interessant in ihrer Entwicklung sind die Hamburger Wasserwerke.¹⁾ Auch hier haben noch bis in die 70er Jahre englische Vorbilder Anlage und Bau vollkommen beeinflußt.²⁾

Das erste große Wasserwerk mit „rotierender“ Maschine in Deutschland wurde 1855 in Berlin in Betrieb gesetzt. Es bestand aus acht Balanciermaschinen mit Schiebersteuerung, vier davon zu je 120, vier zu je 150 PS.³⁾

Besonderen Einfluß aber in dieser Richtung erlangte das 1859 in Altona in Betrieb gesetzte Wasserwerk.⁴⁾ Hier wurden Woolfsche Maschinen mit Drehbewegung, wie vorher bei dem Londoner Wasserwerk beschrieben, angewandt. Die Maschinenanlage hatte ein Londoner Ingenieur entworfen, eine Maschinenfabrik in Newcastle ausgeführt. (Niederdruckzylinder 7 Fuß (2,14 m) Hub, 35 Zoll (889 mm) Durchmesser, Hochdruckzylinder 5 $\frac{1}{4}$ Fuß (1,6 m) Hub, 20 Zoll (508 mm) Durchmesser.) Die Maschine arbeitete mit 26 bis 28 Pfd./Qu.-Zoll (1,83 bis 1,97 kg/qcm) Überdruck und machte 15 Umdrehungen in der Minute. Der Kohlenverbrauch stellte sich etwa auf 2,2 kg f. 1 PS_e-st.

Auch in Frankreich zeigte sich die gleiche Entwicklung, nur daß hier durch den Einfluß von Cavé und Farcot schon anfangs der 50er Jahre Maschinen mit Drehbewegung gebräuchlich wurden, und zwar Hochdruckmaschinen mit Expansion. So führte Cavé 1855 für die Wasserversorgung in Paris Balanciermaschinen mit 720 mm Durchmesser und 1,8 m Hub aus, die 125 cbm stündlich 48 m hoch zu heben hatten. Der Dampfdruck betrug 5 $\frac{1}{2}$ bis 6 at. Die Maschinen arbeiteten mit 0,1 Füllung und 14 Umdrehungen. 2,46 kg Kohlen wurden für 1 PS_e-st, in gehobenem Wasser ausgedrückt, gebraucht. Bei Maschinen, die einige Jahre später geliefert wurden, soll der Kohlenverbrauch nur noch 1,36 kg betragen haben.

Besonders berühmt waren die Wasserwerksmaschinen von Farcot, der schon anfangs der 50er Jahre auch liegende Maschinen hierfür ausführte, die in allen wesentlichen Teilen vollkommen seiner Betriebsmaschine mit Schleppschiebersteuerung glichen.

¹⁾ s. Schröder, Das Hamburger Wasserwerk und die Entwicklung seiner Maschinenanlagen, Z. d. V. d. Ing. 1902.

²⁾ So wurden noch bis 1870 die sehr eingehenden Lieferbedingungen in deutscher und in englischer Sprache ausgeschrieben.

³⁾ Sehr ausführliche Beschreibungen finden sich in Sammlung von Zeichnungen für die Hütte 1859 mit 25 Tafeln Abbildungen.

⁴⁾ s. W. Kummel, Die Wasserkunst in Altona 1861.

Die Pumpen waren gewöhnlich liegend vor oder hinter dem Zylinder angeordnet und wurden vielfach unter Benutzung eines Schwinghebels so angetrieben, daß der Pumpenkolbenhub durch einfaches Verstellen leicht sich verändern ließ.¹⁾

Auch in England wurden schon 1854 von Cowper liegende Wasserhaltungsmaschinen für den Kristallpalast gebaut, die viel Beachtung fanden.²⁾ Die Anordnung zeigt Fig. 372. Der Dampfzylinder hatte 35 $\frac{1}{2}$ Zoll (902 mm) Durchmesser bei 36 Zoll (0,91 m) Hub. Die Maschine machte 15 Umdrehungen, und arbeitete mit 18 Pfd./Qu.-Zoll (1,27 kg/qcm) Dampfdruck und $\frac{1}{3}$ Füllung.

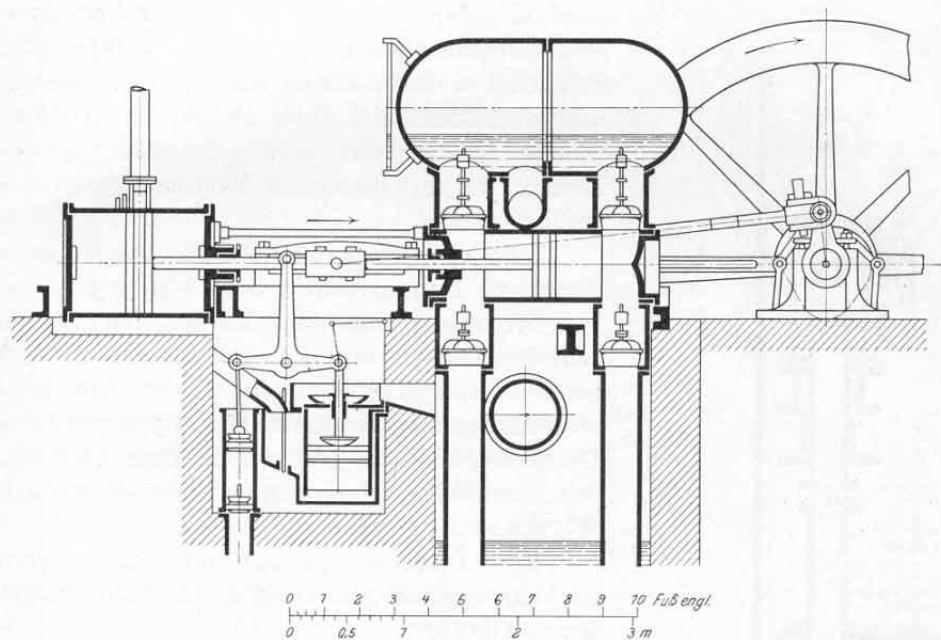


Fig. 372. Liegende Wasserwerksmaschine von Cowper, London 1854.

(Nach Artizan 1858.)

Die Maschine arbeitete mit Kondensation. Die Dampfverteilung geschah durch einen einfachen Muschelschieber.

Kennzeichnend für die damals modernen Wasserversorgungsmaschinen war die geringe Geschwindigkeit, die man beim Pumpenbetrieb für unumgänglich notwendig erachtete. „Die erste Bedingung einer Wasserhebungsmaschine ist ein langsamer Gang, indem eine Geschwindigkeit von 0,25 m in der Sekunde zweckmäßig für eine Pumpe ist,“ steht noch 1860 in

¹⁾ s. Armengaud, Publ. industr., Bd. 12, S. 440. In dem gleichen Bande sind auch die erwähnten Maschinen von Cavé ausführlich beschrieben.

²⁾ s. Artizan 1858 und Zivilingenieur, Bd. 5, Jahr 1859, S. 32.

einem auch ins Deutsche übersetzten französischen Lehrbuch der Dampfmaschine.

Erst die Anforderungen neuerer Zeit haben mit diesem „Glaubenssatz“ aufgeräumt.

4. Dampfmaschine und Dampfspritze.

Die besprochenen Pumpmaschinen dienten alle zur Förderung von verhältnismäßig größeren Wassermengen. Bei kleineren Anlagen, wie sie z. B. für den Bedarf der Dampfmaschine selbst, zum Kesselspeisen und für Wasserversorgung von Gebäuden in Frage kamen, suchte man möglichst einfache kleine Maschinen zu bauen, und so entstand die unter dem Namen Dampfmaschine im engeren Sinne zusammengefaßte Bauart, die mit oder ohne Drehbewegung ausgeführt wurde.

Eine der um 1860 vielfach ausgeführten derartigen Dampfmaschinen zeigt Fig. 373.

Oft ordnete man das Kurbelgetriebe auch zwischen Dampf- und Pumpenzylinder an und benutzte eine Kurbelschleife. Interessant sind auch Albans direktwirkende Dampfmaschinen ohne Drehbewegung, die große Bedeutung aber erst durch amerikanische Ingenieure, vor allem durch Worthington, gewannen.

Eine Dampfmaschine mit einem Kessel, auf ein Wagengestell gesetzt, gab die erste Dampfheizerspritze.

Die erste Dampfspritze entwarf der berühmte Ericsson 1828 in London. Sie wurde auf einem gewöhnlichen Lastwagen aufgestellt, um die ersten Versuche damit zu machen. Der Zylinder maß 12 Zoll (305 mm) im Durchmesser, war senkrecht angeordnet, auf jeder Seite stand eine doppelwirkende Druckpumpe von $8\frac{1}{2}$ Zoll (216 mm) Durchmesser, die unmittelbar von dem Querhaupt des Kreuzkopfes aus getrieben wurde. Bei den Versuchen konnte die Maschine Wasserstrahlen von 1 bis $1\frac{1}{4}$ Zoll (25,4 bis 32 mm)

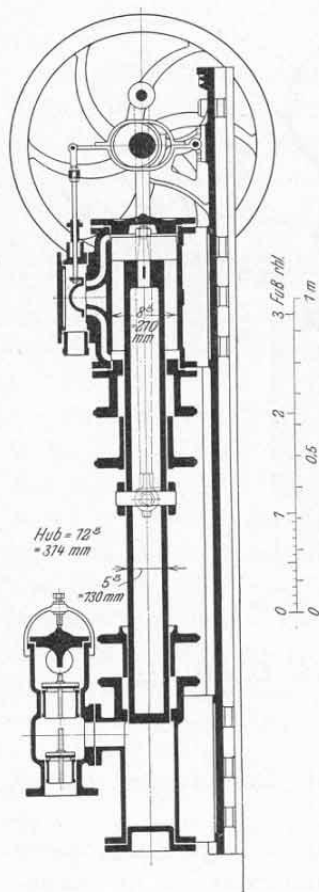


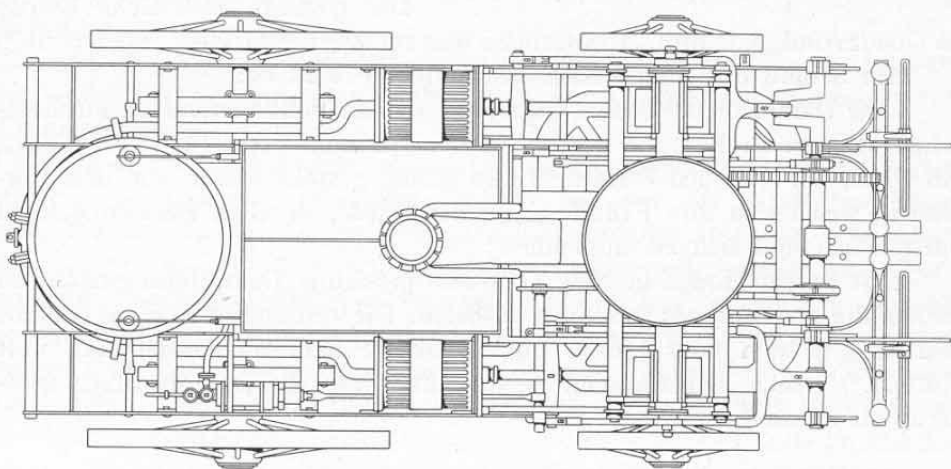
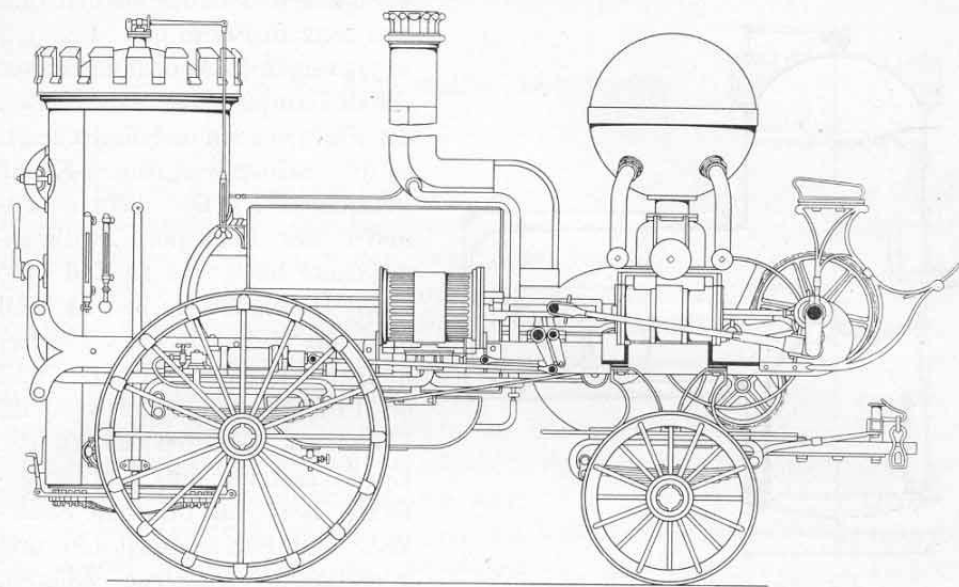
Fig. 373.

Dampfmaschine um 1860.

(Nach Originalzeichnung von Egells.)

Durchmesser bis zur Schornsteinhöhe einiger Brauereien werfen. Der senkrecht angeordnete Kessel war zylindrisch, die Feuerbüchse etwas konisch. Die Heizgase wurden durch eine schraubenförmig gewundene Röhre zum

Schornstein geleitet. Ein besonderes Gebläse diente zum Anfachen des Feuers. Die Versuche waren so günstig, daß J. Braithwaite, der auch die erste Maschine erbaut hatte, beschloß, weitere auszuführen, sie aber



0 1 2 3 4 5 6 7 8 Fuß preuß
0 0.5 1 2 2.5 m

Fig. 374 u. 375. Erste Dampfspritze von Ericsson 1831.
(Nach Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbl. in Preußen 1840.)

jetzt auf einem leichteren von Federn getragenen Rahmen anzuordnen. Ericsson entwarf auch die neuen Maschinen. Ein größerer Brand zeigte die großen Vorteile der Dampfspritze in der praktischen Verwendung.¹⁾

¹⁾ In Mechanics magazine 13. Februar 1830 wird darüber berichtet.

Von den beiden ersten von Ericsson entworfenen Dampfspritzen wurde die eine für die Docks in Liverpool, die andere für die preußische Regierung in Berlin geliefert.¹⁾ Sie sollte hier zum Schutz der an der Spree gelegenen

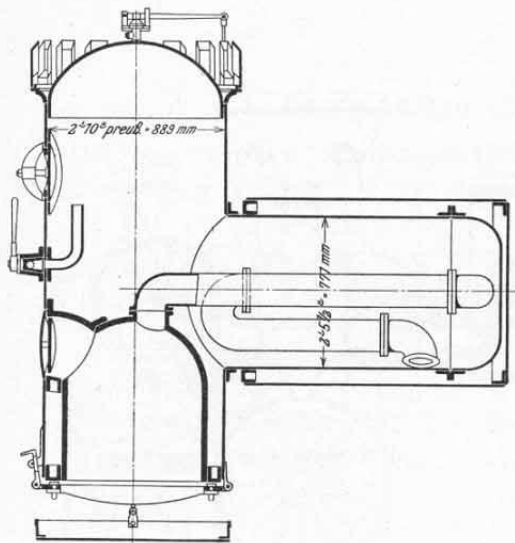


Fig. 376. Kessel zu Fig. 374.

königlichen Gebäude dienen und traf 1832 in Berlin ein. Fig. 374 u. 375 zeigen die Anordnung dieser ersten Dampfspritze. Der Kessel, den Fig. 376 auch im Schnitt zeigt, ist durch einen Burgzinnen-Kranz „verschönt“. Die beiden Zylinder der liegenden Zwillingmaschine hatten je 12 Zoll (305 mm) Durchmesser bei 14 Zoll (0,36 m) Hub. Bei 25 Umdrehungen in der Minute und 60 Pfd./Qu.-Zoll (4,22 kg/qcm) Überdruck leisteten sie 15 PS. Der Kessel war aus Kupfer gefertigt, hatte eine bronzene Feuerkiste und zwei doppelt hin- und hergebogene kupferne Röhren. Die gesamte Heizfläche betrug 96 Quadratfuß (8,92 qm). Ein Gebläse war zur Zugverstärkung angebracht.²⁾

Am Schluß der eingehenden Beschreibung heißt es:

„Die Dampfspritze gehört unstreitig zu den vollkommensten mechanischen Werken Berlins; sie kostete in London 1200 livres St. (8400 Taler), ein Preis, der von den Verfertigern so gering gestellt wurde, um dem Vertrauen, welches in ihre Erfindung gesetzt wurde, in allen Beziehungen zu entsprechen und sich zu empfehlen.“

1841 suchte Hodge in New York leistungsfähige Dampffeuerspritzen zu bauen, die aber anfangs zu schwer ausfielen. Die weitere Entwicklung beginnt hier erst in den 60er Jahren und überholte dann an Ausdehnung weit Europa.³⁾ Auch selbstfahrend suchte man hier die Dampfspritzen frühzeitig zu machen.

¹⁾ s. Mitteil. von Ericsson an Bourne, Eng. 1873.

²⁾ s. Verhandl. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbefl. in Pr., 19. Bd., 1840, S. 38.

³⁾ Selbst die nur dem Gemeinwohl dienende Dampfspritze ist von denen bekämpft worden, die fürchteten, durch sie überflüssig zu werden. Als 1859 bei einem großen Brande in New York neben den Handspritzen auch eine große Dampfspritze das Feuer angriff, richtete die Bedienungsmannschaft der Handspritzen zunächst ihre Wasserstrahlen auf den Schornstein der Dampfspritze, um zunächst das Feuer zu löschen, was sie selbst zu bedrohen schien. Aber auch diese Handspritzenmänner haben die Entwicklung nicht aufzuhalten vermocht. Fünf Jahre später besaß New York allein bereits 26 Dampfspritzen.

III.

Die Fördermaschine.

1. Allgemeine Anordnung.

Beispiele alter Fördermaschinen. — Hochdruckfördermaschinen.

Neben den Wasserhaltungsmaschinen begannen um 1800 auch die Fördermaschinen für den Bergbau größere Bedeutung zu gewinnen. Atmosphärische Maschinen waren, wie bereits erwähnt, schon vor dieser Zeit zum Antrieb einfacher Fördervorrichtungen verwendet worden und seit Watts doppelwirkende Dampfniederdruckmaschine im Fabrikbetrieb sich bewährt hatte, lag es nahe, sie auch auf die Seiltrommel der Fördermaschine arbeiten zu lassen. Gewöhnlich aber genügten bei der geringen Tiefe der Gruben noch die alten Haspelräder, die Treträder und Pferdegöpel. Noch 1826 waren z. B. im ganzen preußischen Bergbau erst 16 Fördermaschinen neben 40 Wasserhaltungsmaschinen tätig.

In der Konstruktion und Anordnung knüpften die ersten Fördermaschinen wieder möglichst an das Vorhandene an. Es waren durchweg doppelwirkende Balanciermaschinen, die ausnahmslos die Seiltrommel mittels Zahnradvorgelege antrieben.

Bei den Pferdegöpeln gab die stehende Anordnung der Seiltrommel einen sehr einfachen Antrieb, den man bei einigen der ersten Dampf-Fördermaschinen beibehielt.¹⁾

Die Maschine, Fig. 377, stand auf den Kohlenbergwerken zu Fresne unweit Valenciennes. Besonders merkwürdig war die Kraftübertragung vom Kolben auf die Seiltrommel. Die Kolbenstange trägt ein sehr langes Querhaupt, das zwischen den Holzbalken des ganzen Gestelles gleitet und so seine Führung erhält. Von ihm gehen zwei Schubstangen aus, die zwei in der Höhe des Zylinders gelagerte parallele Wellen in entgegengesetztem Sinne antreiben. Eine von diesen ist bis zur Triebwelle der Seiltrommel durchgeführt, die andere treibt mit konischen Zahnradgetriebe die Schwungradwelle, die außerdem ebenfalls durch konisches Zahnradgetriebe mit der ersten Welle in Verbindung steht. Die Maschine hat Kondensation, die Pumpen werden ebenso wie der Steuerbaum von der Kolbenstange aus unter Zwischenschaltung eines Hilfsbalanciers angetrieben.

Die Umsteuerung der Maschine geschah in der Weise, daß der Wärter das Einspritzventil schloß, die auf der Kurbelwelle sitzende Bremsscheibe festzog und darauf alle vier Ventile mit den Handhebeln öffnete. Der

¹⁾ Zeichnungen und Beschreibung dieser Maschine s. A. M. Héron de Villefosse, *De la richesse minérale*, Paris 1819. Deutsch von Carl Hartmann, Sondershausen 1823.

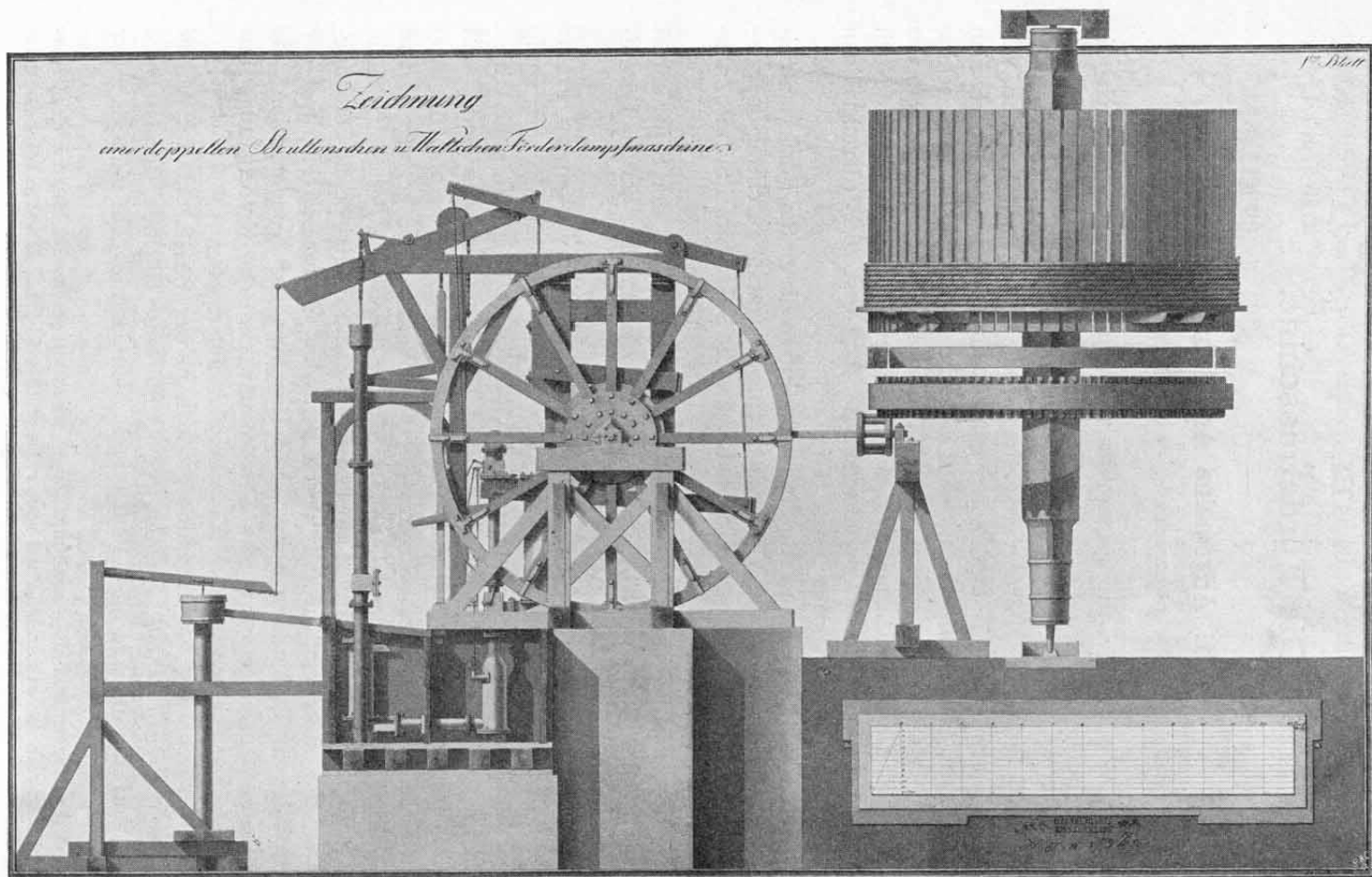


Fig. 377. Fördermaschine um 1811. (Originalzeichnung des Königl. Oberbergamtes Breslau.)

Dampf konnte über und unter den Kolben treten, die Maschine blieb stehen. Darauf hatte der Wärter den von der Steuerstange herabgedrückten Hebel zu heben, wodurch die beiden vorher offenen Ventile geschlossen und die beiden vorher geschlossenen geöffnet wurden. Jetzt wurde die Bremse gelöst und zugleich das Einspritzventil geöffnet. „Nach diesem Manöver, welches weit schneller ausgeführt als beschrieben ist,“ heißt es in dem Bericht, „gehen die Räder in entgegengesetzter Richtung herum.“

Die Kolbengeschwindigkeit betrug $3\frac{1}{2}$ Fuß (1,06 m) in der Sekunde, der Zylinder war 380 mm weit, der Hub betrug 900 mm. Die Maschine machte 15 Umdrehungen, wobei sie 8 PS geleistet haben soll. Der Kohlenverbrauch wurde „zu 7 Pfd. für einen Kreis Zoll-Kolbenquerschnitt in 24 Stunden“ angegeben.¹⁾

Die sehr verwickelten Triebwerksteile und viel zu schwach bemessenen Einzelteile dürften kaum dauernd einen geordneten Betrieb mit dieser Maschine ermöglicht haben.

Einen wesentlich betriebssicheren Eindruck macht eine von Holtzhausen 1803 ausgeführte Fördermaschine, Fig. 378 u. 379. Es ist eine normale doppelwirkende Balanciermaschine mit Ventilsteuerung und Kondensation. Das Wattsche Parallelogramm hat die bei den einfachwirkenden Wasserhaltungsmaschinen übliche Kettenaufhängung ersetzt. Die Umsteuerung der Maschine geschieht von Hand durch einfaches Umlegen der Steuerhebel. Die Kessel mit kugelförmiger Haube stehen in der Maschinenstube möglichst nahe am Zylinder.

Die von den Wasserhaltungsmaschinen übernommene Ventilsteuerung wurde, als man die Einfachheit des Muschelschiebers genügend erkannt hatte, durch die Schiebersteuerung verdrängt. Die durch den Schieber bedingte Abhängigkeit der einzelnen Dampfverteilungsperioden aber verstand nicht jeder. Arge Mißgriffe in den Abmessungen der Kanäle und des Schiebers waren sehr häufig. Sie bestanden oft „in einer unvollkommenen Bedeckung der beiderseitigen Dampfkanäle in dem Zylinder durch den Schieber oder überhaupt in einer unrichtigen Steuerung“, wie es 1820 in einem Abnahmeprotokoll noch heißt. „Es war dadurch nicht zu verhindern, daß beständig ein gut Teil Dämpfe durch den Organismus der Maschine, auch wenn dieser außer Bewegung war, in die freie Luft ging.“²⁾

Die Anordnung dieser ersten Schiebersteuerung bei Fördermaschinen veranschaulichen Fig. 380 u. 381. Angetrieben wird der Schieber, genau wie die Ventilsteuerung der Wasserhaltungsmaschinen, vom auf- und niedergehenden Steuerbaum. Der Rücken des Muschelschiebers ist als Zahnstange ausgebildet; ein Zahnradsegment, dessen Welle außen ebenfalls durch ein Zahnradsegment bewegt wird, verschiebt ihn. Das Umsteuern geschieht auch

¹⁾ Auch eine Edwardsche doppelwirkende Zweifach-Expansionsmaschine wurde schon 1815 in Frankreich als Fördermaschine ausgeführt und von Vilefosse ausführlich beschrieben.

²⁾ Aus Akten des Königl. Oberbergamtes Bonn.

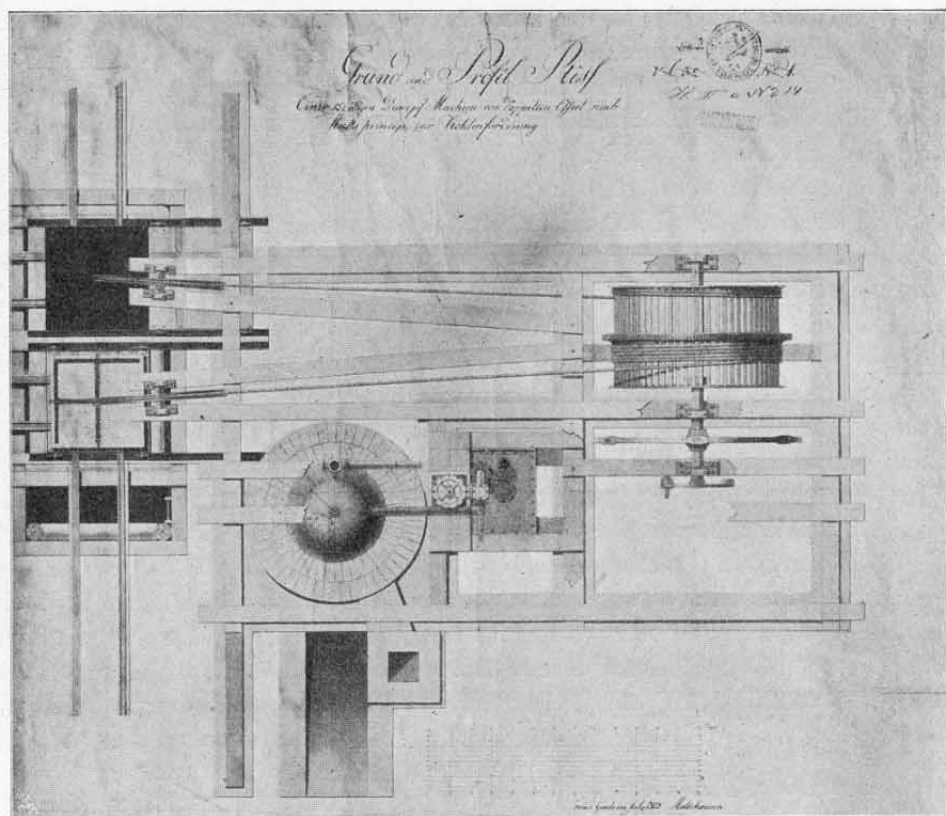
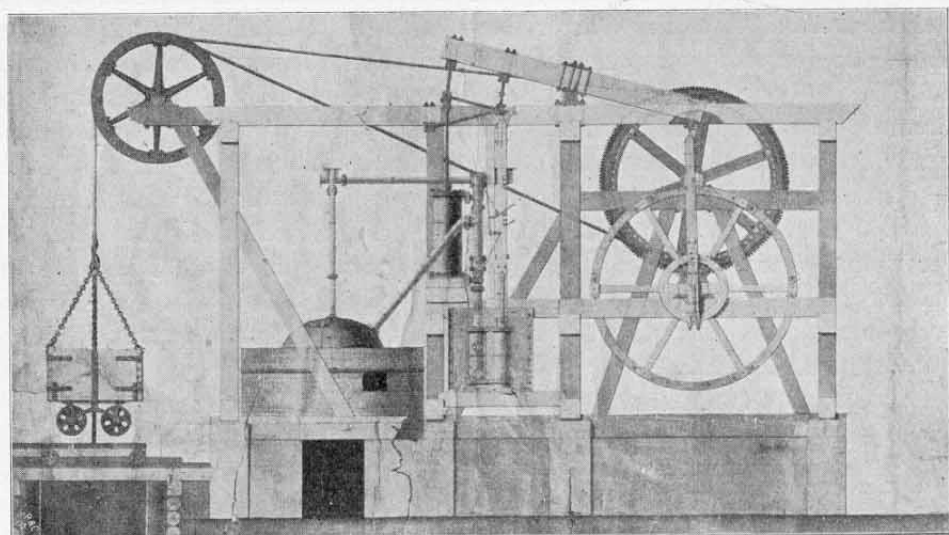


Fig. 378 u. 379. Fördermaschine von Holtzhausen 1803.

(Originalzeichnung des Königl. Oberbergamtes Breslau.)

hier von Hand durch einfaches Verstellen des Schiebers. Der Schieber selbst und der aufgeschraubte feste Schieberspiegel ist aus Rotguß. Die Maschine, bei der diese Schiebersteuerung Verwendung gefunden hat, zeigt Fig. 382. Es ist eine 1814 von Holtzhausen erbaute 12 zöllige (305 mm) Fördermaschine der Segengottes-Grube zu Waldenburg. Mit der 1803 von ihm erbauten Fördermaschine verglichen, zeigt sie eine wesentlich gedrängtere Anordnung. Balancier und Schubstange, die dort noch aus Holz waren, sind hier bereits aus Eisen angefertigt. Auch das Schwungrad, das bei der ersten Maschine noch hölzerne Arme hatte, ist hier ganz aus Eisen, mit ihm ist eine hölzerne Bremscheibe verschraubt. Das Maschinenhaus selbst, aus Holz möglichst billig hergestellt, dient nur als äußerer Wetterschutz für die Maschine. Der Kessel liegt gleich draußen im Freien.

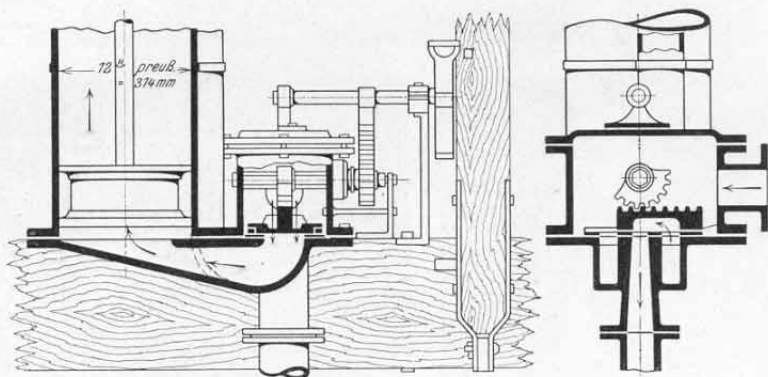


Fig. 380 u. 381. Schiebersteuerung bei Fördermaschine um 1810.

(Originalzeichnung des Königl. Oberbergamtes Breslau.)

In England sparte man damals oft noch mehr am Maschinenhause; dort waren noch um 1850 oft die Fördermaschinen, die häufig 50 bis 60 Lachter (105 bis 126 m) vom Schacht entfernt standen, ganz im Freien aufgestellt und nur den Zylinder umgab ein Holzverschlag, um ihn einigermaßen vor Wind und Wetter zu schützen. Die Kessel waren gleichfalls ohne Bedachung; um sie wenigstens etwas zu schützen, grub man sie bis zur Feuerung in die Erde ein und überwölbte sie mit einer einen halben Stein starken Mauerdecke.

Ein deutscher Bericht¹⁾ über englische Fördermaschinen erwähnt, daß um die Mitte des vorigen Jahrhunderts die meisten Förderanlagen damals sehr alt waren, daß Schwungrad und Fördertrommel auf hölzerne Balken gelagert waren; „und da die ganze Anlage dem Wetter fortwährend ausgesetzt, so ist alles mehr oder weniger verrostet und verfault, eine wackelnde, schwankende Bewegung ist in dem Zeug. Nichts ist geputzt, fingerdick

¹⁾ s. Karsten, Archiv für Bergbau und Hüttenwesen, Bd. 21. Berlin 1850.
Matschoß, Dampfmaschine. I.

liegen Schmutz und Kohlenstaub auf den einzelnen Teilen, was alles zusammengenommen auf die Reisenden keinen angenehmen Eindruck hervorbringt. Sämtliche Fördermaschinen sind Niederdrücker, Hochdrücker trifft man selten.“

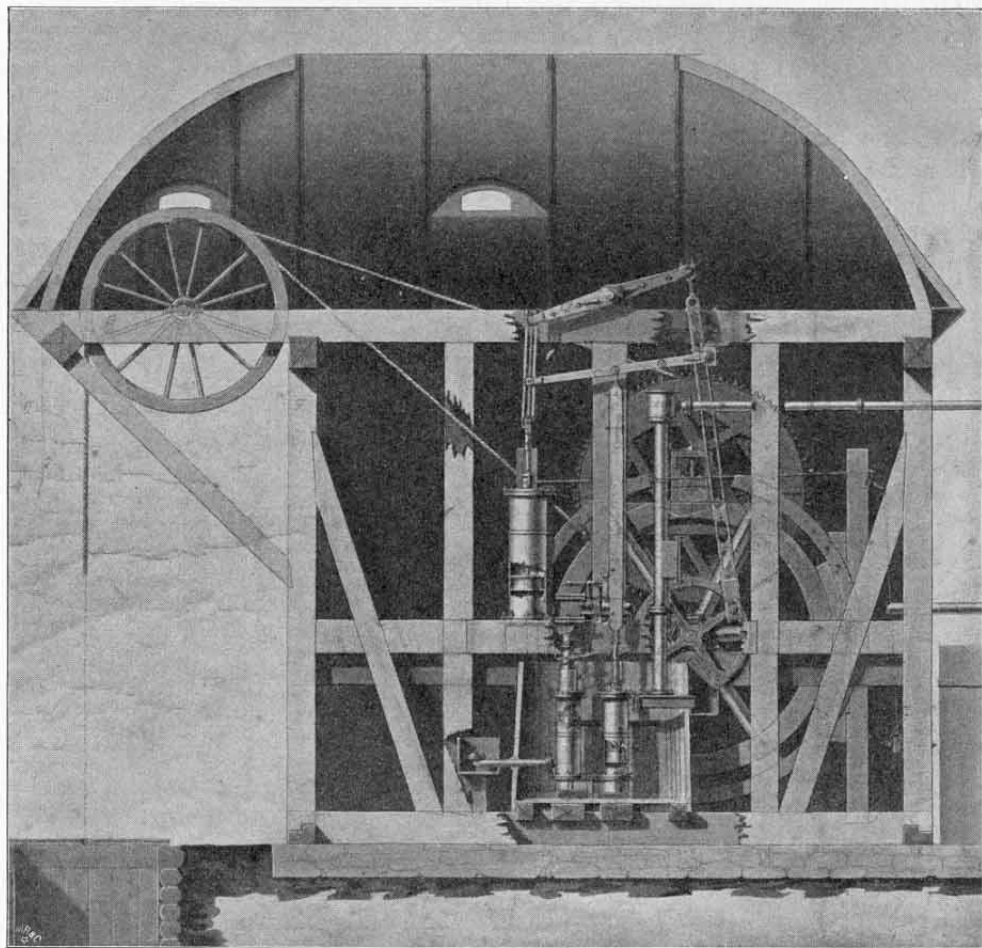


Fig. 382. Fördermaschine von Holtzhausen 1814.

(Originalzeichnung des Königl. Oberbergamtes Breslau.)

Der Berichterstatter schloß daraus, daß der festländische Dampfmaschinenbau besonders in Frankreich und Belgien, was Fördermaschinen anbelangt, wesentlich weiter fortgeschritten sei als in England.

In England war es wieder Trevithick, der im Anfang des vorigen Jahrhunderts versuchte, die Hochdruckdampfmaschine auch bei Fördermaschinen einzuführen. Ihre große Einfachheit, ihr billiger Preis machte sie bald sehr beliebt; deutsche Berichte aus dieser Zeit zeigen, daß in

einigen Teilen Englands diese Maschinen vielfach zu finden waren. Ihre Anordnung lassen die Fig. 383 u. 384 erkennen, die einem 1816 dem preußischen Minister übergebenen Studienblatt über englische Hochdruckfördermaschinen entnommen sind. In dem gußeisernen Kessel hängt der Zylinder und überträgt durch zwei Schubstangen die Kraft auf die unter dem Kessel liegende Welle. Von hier aus wird mit konischem Zahnradgetriebe die Seiltrommel, neben der das Schwungrad angeordnet ist, angetrieben. Der Kessel hat ein schmiedeeisernes, rückkehrendes Flammrohr.

Auf dem Kontinent versuchte Cockerill diese erste Hochdruckdampfmaschine einzuführen; er betrieb sie mit 5 at Dampfdruck und ließ sie 80 Umdrehungen machen. Ein amtlicher Bericht über die Versuche an

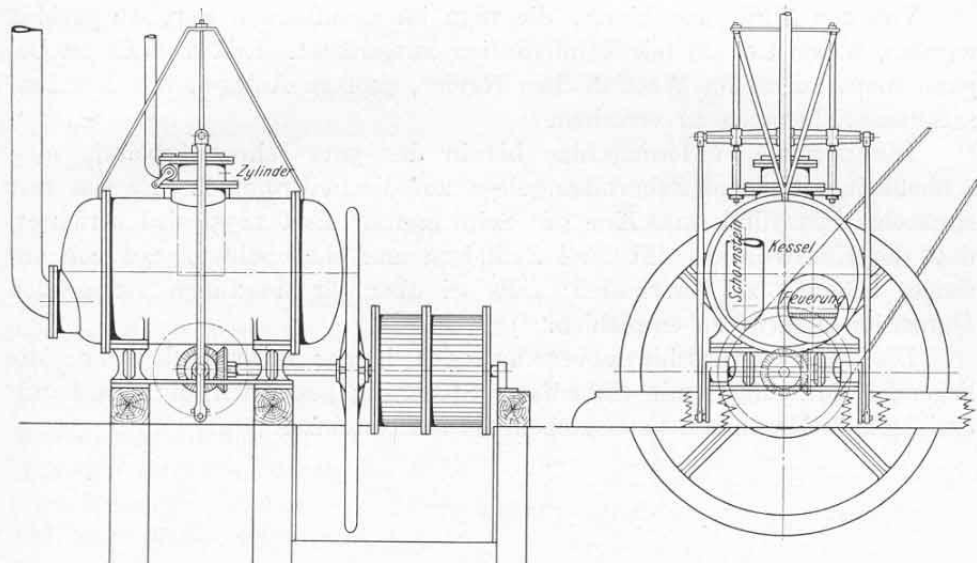


Fig. 383 u. 384. Englische Hochdruck-Fördermaschine um 1810.

(Nach Originalskizze des Ministeriums für Handel und Gewerbe, Berlin.)

solchen Hochdruckdampfmaschinen läßt erkennen, wie groß die Schwierigkeiten waren, die dabei überwunden werden mußten. Nachdem die schon vorher erwähnte unrichtige Steuerung des Schiebers beseitigt war, heißt es weiter in dem Bericht.

„Dann ließ man die Maschine endlich eine mit 1050 Pfd. (476 kg) Kohlen beladene Tonne in dem 80 Lachter (167 m) tiefen Triebsschachte anheben. Die Tonne wurde rasch aufgenommen und bis zur Hälfte des Schachtes gebracht, hier aber ließen die Dämpfe nach infolge des vorhin beschriebenen Fehlers und Menschen mußten mit zu Hilfe kommen, um die Tonne die 40 Lachter (83,5 m) hinauf zu Tage zu fördern. Die Arretierung und Wendung ging wieder leidlich vonstatten; der Maschinist hatte große Schwierigkeiten, die Steuerung ging zu stramm, so verlor der Ma-

schinist fast ganz den Mut. Oft mußten bei den einzelnen Versuchen mehrere Menschen an das Schwungrad treten und es zur Weiterbewegung umwerfen. Aus den täglichen Beobachtungen über den Gang der Hochdruckmaschine sei bemerkt: Zur Sicherung gegen Brüche wurden zwei Mann mit einem Hebel an das Schwungrad gestellt, um damit zu bremsen bis der Kunstwärter soweit routiniert sein werde, dieser Vorsichtsmaßregel nicht weiter zu bedürfen.“¹⁾

Später ging man wieder auf geringeren Dampfdruck über, behielt aber doch soviel Spannung bei, daß man auf die Kondensation verzichten konnte. Man begann sich damit abzufinden, daß die Fördermaschinen Kohlenfresser waren, und legte auf Betriebsersparnis nach dieser Richtung hin kaum noch Wert.

Von 155 Fördermaschinen, die 1852 im preußischen Bergbau gezählt wurden, waren nur 29 mit Kondensation ausgerüstet. Erst von da an begann man, zuerst im Westfälischen Revier, größere Anlagen mit Kondensationseinrichtungen zu versehen.

Die normale Fördermaschine bis in den 50er Jahren arbeitete ausschließlich mit einem Zahnradvorgelege auf die Seiltrommel. Es war fast stets eine Einzylindermaschine mit Schwungrad. Erst 1855 wird berichtet, daß die Konstruktion mit zwei Zylindern und ohne Schwungrad sich anfangs, Eingang zu verschaffen; „sie sei aber für Maschinen von großen Dimensionen nicht zu empfehlen.“²⁾

Die Balanciermaschinen verschwanden immer mehr und mehr; die liegenden Maschinen mit einfachster Steuerung gewannen die Oberhand; oszillierende Maschinen kamen ebenfalls nur vereinzelt vor.

2. Die Entwicklung der Umsteuerung.

Steuerung mit Zwischenhebel. — Umsteuerung mit losem Exzenter. — Gabelsteuerung. — Innere Umsteuerung. — Ventilsteuerung mit losem Exzenter. — Kulissensteuerung. — Steuerung mit unrundem Nocken.

Besonderes Interesse wurde stets der Umsteuerung der Fördermaschine zugewandt. Hier sind die Konstrukteure besonders vom Schiffsmaschinen- und Lokomotivbau beeinflusst worden. Das lose Exzenter, die Gabelsteuerung, die Kulisse sind dort zuerst in großem Umfange benutzt worden; ihre Entwicklung wird deshalb auch an der Stelle ausführlich zu behandeln sein.

Die Dampfverteilung geschah, nachdem die Zeit der ersten Ventilmaschine abgelaufen war, ausschließlich durch Schieber. Erst in den 50er Jahren wurde das Ventil bei größeren Maschinen wieder notwendig, weil

¹⁾ s. Abnahmeprot. d. Königl. Oberbergamtes Bonn.

²⁾ s. Zeitschr. für das Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen, Bd. 2, Berlin 1855.

die vom Dampfdruck nicht entlasteten großen Schieber zu schwer beim Umsteuern bewegt werden konnten.

Die erste Schiebersteuerung wurde mit Hilfe eines Zwischenhebels umgeschaltet; das Exzenter war ohne Voreilwinkel aufgekeilt, der Schieber hatte höchstens soviel äußere Deckung, um eine direkte Verbindung zwischen Ein- und Ausströmkanälen zu vermeiden. Die Maschinen arbeiteten somit ohne jede Expansion. Je nachdem man die Exzenterstange mit dem einen oder anderen Ende des Zwischenhebels, dessen Bewegung auf den Schieber übertragen wurde, in Verbindung brachte, lief die Maschine nach der einen oder anderen Richtung. Die konstruktive Anordnung bei solchen Umsteuerungen, wie sie z. B. Cockerill um 1820 anwandte, zeigt Fig. 385. Die Exzenterstange konnte natürlich auch dauernd mit dem einen Ende des Hebels verbunden und die Schieberstange ausklinkbar angeordnet werden.

Wollte man auf das Voreilen des Schiebers, auf die Überdeckung und die dadurch ermöglichte bessere Dampfverteilung nicht verzichten, so mußte man für jede Bewegungsrichtung eine bestimmte Exzenterlage benutzen. Das ließ sich erreichen durch ein loses Exzenter, das durch zwei auf der Welle entsprechend angeordnete feste Anschläge in dem verlangten Sinne mitgenommen wurde, oder man mußte zwei auf der Welle feste Exzenter verwenden. Das lose Exzenter wurde zuerst angewendet.

Auch hier waren insofern zwei Lösungen möglich, als man entweder die Kurbel oder das Exzenter um den Winkel $180^{\circ} - 2\delta$ drehte. Das erste war das Gebräuchliche. Das Exzenter sitzt lose auf der Welle, an der Exzenterscheibe ist ein Gegengewicht angeschraubt, welches mit zwei Ansätzen versehen ist. Fest mit der Welle ist ein Mitnehmer verbunden, dessen Endflächen je nach Vorwärts- oder Rückwärtsgang der Scheibe bald mit dem einen, bald mit dem anderen Ansatz der Exzenterscheibe in Verbindung kommen. Der Bogenlänge des Mitnehmers entspricht ein Winkel von $180^{\circ} - 2\delta$. Sobald die Maschine umgesteuert werden soll, wird die Exzenterstange ausgeklinkt, was gewöhnlich mit Hilfe eines Fußhebels geschieht, und der Schieber von Hand entsprechend verstellt. Die Maschine beginnt sich in der entgegengesetzten Richtung zu drehen, der bisher wirksame Mitnehmer

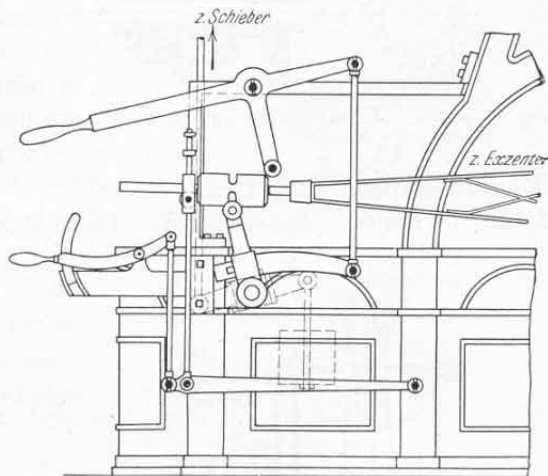


Fig. 385. Umsteuerung von Cockerill 1820.

(Nach Severin, Beiträge, Berlin 1826.)

wird nach einer Drehung der Kurbel um $180^{\circ} - 2\delta$ durch den anderen Mitnehmer abgelöst. Jetzt ist die für den Rückwärtsgang der Maschine richtige Lage des Exzentrers zur Kurbel erreicht, worauf die Exzenterstange wieder eingeklinkt wird. Während des Ganges ließ sich die Maschine bei dieser Steuerung nur schwer umsteuern. Außerdem hatte sie den Nachteil, daß die Maschine sich selbsttätig umsteuerte, falls etwa die Last das Übergewicht bekam und die Kurbel sich anfang entgegengesetzt zu drehen.

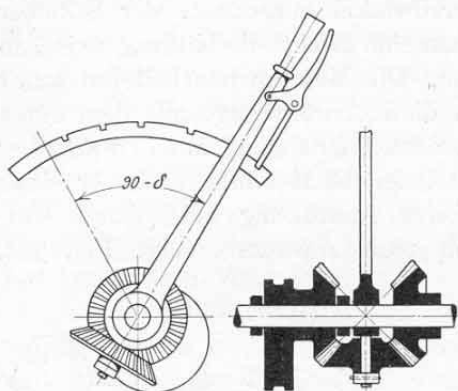


Fig. 386 u. 387. Umsteuerung im Jahre 1850.

Kurbel ebenfalls lose sitzende Exzenter derart verbunden, daß durch Verstellen des Handhebels um $90^{\circ} - \delta$ das Ex-

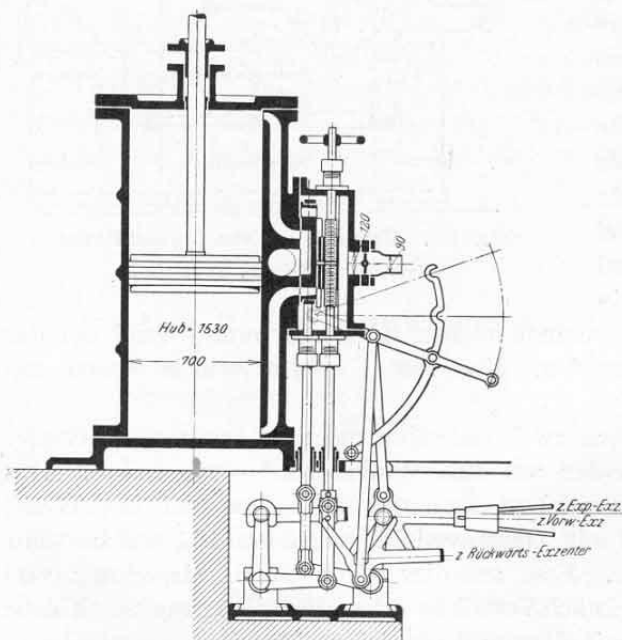


Fig. 388. Steuerung zu einer Fördermaschine von J. J. Meyer, Mülhausen, um 1845.

(Nach Originalzeichnung.)

zenter um den doppelten Winkel gedreht wird. Bei Zwischenstellungen des Handhebels erhält man verschiedene Voreilwinkel, womit man gleichzeitig veränderliche Expansion, allerdings mit stark veränderten linearen Voreilen, erreicht.¹⁾ Das Umsteuern kann auch während des Ganges der Maschine erfolgen. Der Umstand, daß der Umsteuerhebel sich nur schwer bewegen ließ, auch die Zahnräder sich bald abnutzten, was ungenauen Gang ergab, ließ diese Art der Steuerung nur für kleinere Maschinen von etwa 10 bis 15 PS Verwendung finden.

Man suchte dies wohl durch eine Umsteuerung zu vermeiden, bei der das Exzenter selbst verstellbar wurde, Fig. 386 u. 387. Das auf der Kurbel ebenfalls lose sitzende Exzenter ist hier mit einem Kegelradgetriebe

¹⁾ Patent von Kayser, 1850; s. Z. d. V. d. Ing., 1861, S. 277 und 1862, S. 546.

Das lose Exzenter in der erst erwähnten Ausführung war lange Zeit sehr beliebt. Noch Combes empfiehlt es in seinem Handbuch der Bergbaukunst in den 40er Jahren als das Beste, weil es einfach sei, und „unter allen Umständen eine hinreichende Vollkommenheit gewähre.“

Aber auch hier ging der Weg von der kraftschlüssigen zu der zwangsläufigen Anordnung. Es wurden zwei Exzenter, eins für Vorwärtsgang, eins für Rückwärtsgang mit entsprechendem Voreilwinkel fest auf der Welle angeordnet. Die Exzenterstangen endeten in Gabeln, die mit dem Stellzeug am Maschinistenstande so verbunden waren, daß durch Umlegen eines Handhebels bald das eine, bald das andere Exzenter mit dem Schieber verbunden werden konnte. Die konstruktive Anordnung läßt Fig. 388 erkennen, die einer Balancierfördermaschine, Anfang der 40er Jahre von Meyer in Mülhausen erbaut, entnommen ist. Sie zeigt, daß Meyer seine berühmte Expansionssteuerung auch damals schon auf Fördermaschinen anzuwenden versuchte. Zu dem Zweck hatte er noch ein drittes Exzenter auf der Kurbelwelle so angeordnet, daß dessen Mittelpunkt in die verlängerte Kurbelrichtung fiel.

Aus der Gabelsteuerung entwickelte sich unmittelbar die Kulissensteuerung, mit der es auch gelang, in vorteilhafter Weise mit einem Schieber zu expandieren. Am häufigsten kam die Kulissensteuerung von Stephenson und Gooch bei den Fördermaschinen vor.

Bei kleineren Fördermaschinen begann man in den 40er und 50er Jahren auch sog. innere Umsteuerung anzuwenden. Hierbei wird die Umkehrung der Dampfverteilung nicht wie vorher durch Beeinflussung der Schieberbewegung, sondern durch einen besonderen Schieber erreicht. Auch kann der Verteilungsschieber zwei Abteilungen erhalten, von denen die eine beim Vorwärts-, die andere beim Rückwärtsgang den Dampf zu verteilen hat. Da der Verteilungsschieber durch das Exzenter unveränderlich mit der Kurbelwelle verbunden ist, so muß man, um für beide Bewegungsrichtungen gleiche Dampfverteilung zu erhalten, auf Voreilwinkel und Überdeckung verzichten. Der äußere Steuerungsantrieb gestaltet sich bei dieser Steuerungsgruppe naturgemäß sehr einfach, auch läßt sich während des Ganges leicht umsteuern.

Fig. 389 zeigt eine derartige Einrichtung für eine Zwillingmaschine. Der Umsteuerschieber steht zwischen den beiden Zylindern und kann mit Handrad und Schraube verschoben werden. Einen von Hand verstellbaren Wechselschieber zwischen Grundschieber und festem Schieberspiegel von einer kleinen Zwillingfördermaschine veranschaulichen die Fig. 390 u. 391.

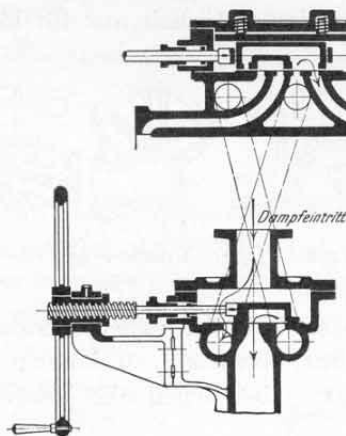


Fig. 389. Umsteuerung.

Ebenfalls in diese Gruppe gehört die Umsteuerung von Daneck, Fig. 392 bis 394, bei der der Schieber so gedreht werden kann, daß bald die als einfacher Muschelschieber ausgebildete linke Seite, bald die als Doppelschieber ausgeführte rechte Seite mit den Kanalöffnungen des Schieberspiegels in Berührung kommt. In der Mittelstellung sind alle Kanäle geschlossen, der Dampf also abgesperrt.

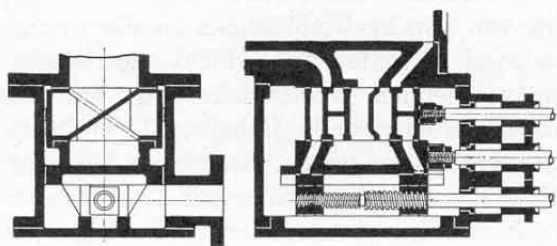


Fig. 390 u. 391. Wechselschieber.

Auch Maschinen mit gleichbleibender Drehrichtung verwendete man unter Zwischenschalten einer Kuppelung, gewöhnlich einer Klauenkuppelung, für Förderungszwecke, natürlich nur für kleinere Leistungen. Die Maschine gleich in diesen Fällen einer gewöhnlichen Betriebsmaschine.

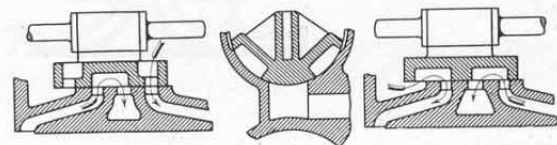


Fig. 392 bis 394. Umsteuerung von Daněk.

Die größeren Fördermaschinen Ende der 40er und 50er Jahre sind fast ausnahmslos liegend angeordnet und besitzen Ventilsteuerung. Gewöhnlich waren die Ventile seitlich am Zylinder nebeneinander angeordnet, um sie bequem vom Führerstand aus übersehen zu können; es kommen aber auch andere Ausführungen vor, bei denen alle Ventile beide über dem Zylinder, oder die Ein-

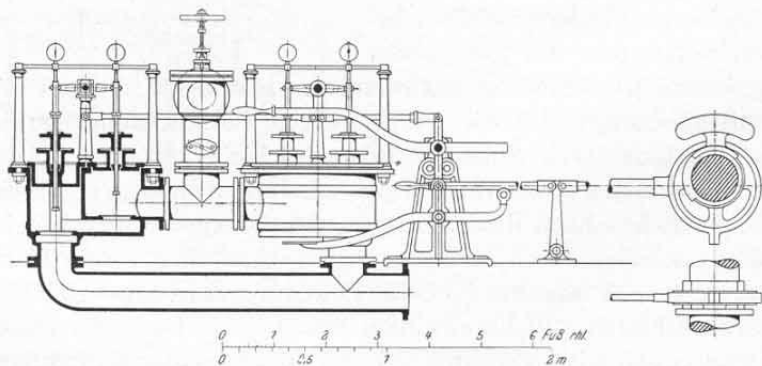


Fig. 395. Ventilsteuerung für Fördermaschinen.

laßventile über, die Auslaßventile unter ihm angeordnet sind. Ihre Bewegung erfolgt vielfach durch Exzenter mit Hilfe T-förmiger Winkelhebel, die in entsprechenden Schlitzen der Ventilstangen eingreifen. Die Schlitze sind so weit, daß das eine Ventil noch geschlossen bleibt, während

das andere bereits gehoben wird. Dieser tote Gang der Hebelenden in den Ventilstangen spielt die gleiche Rolle in der Dampfverteilung, wie die äußere und innere Überdeckung beim Schieber.

Da das Antriebsexzenter mit bestimmtem Voreilwinkel aufgekeilt wird, so ergibt sich hier die gleiche Dampfverteilung wie bei den Schiebersteuerungen. Öffnung und Sperrung der Dampfkanäle erfolgt hier ebenso schleichend wie bei der Schiebersteuerung; man hat deshalb auch hier öfters versucht, das Exzenter durch unrunde Scheiben zu ersetzen. Auch die Umsteuerung mit losem Exzenter oder mit Kulisse läßt sich naturgemäß ohne weiteres auf die Ventilsteuerungen anwenden.

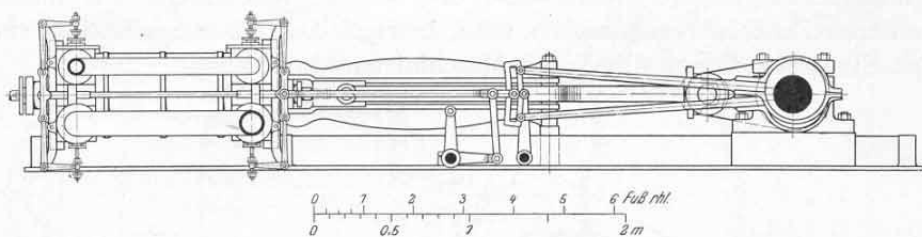


Fig. 396. Fördermaschine mit Ventilsteuerung.

Fig. 395 zeigt eine Ventilsteuerung mit losem Exzenter, während bei der Maschine Fig. 396 die Goochsche Kulisse benutzt wird; es ist die eine Seite einer Zwillingfördermaschine.¹⁾ Im normalen breiten, gußeisernen, ganz aufliegendem Rahmen ruht der Zylinder mit seitlich übereinander angeordneten Ventilen. Die zweigleisige Geradführung, der Lokomotivgeradführung nachgebildet, wird von der gegabelten Schubstange umfaßt. Die Anordnung der Ventile zeigt Fig. 397.

Die Stephensonsche Kulisse mit Ventilsteuerung läßt eine Fördermaschine von Revollier in St. Etienne, die 1855 auf der Pariser Ausstellung sich befand, erkennen, Fig. 398.²⁾ Eigenartig ist hier der im Ventilkasten angeordnete Zwischenhebel und der sehr erhebliche Größenunterschied zwischen den Einlaß- und Auslaßventilen. Während für die ersteren 63 qcm Öffnungsquerschnitt als genügend angesehen wurden, gab man dem Auslaßventil, um einen möglichst geringen Gegen-
druck zu erhalten, 250 qcm. Der Durchmesser des Zylinders betrug 400, der Hub 800 mm. Die Maschine machte 60 Umdrehungen in der Minute,

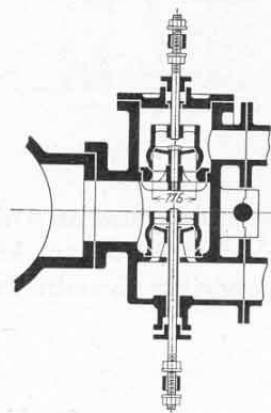


Fig. 397.

Ventilanordnung z. Fördermaschine Fig. 396.

¹⁾ Nähere Angaben hierüber s. Sammlung der Zeichnungen für die Hütte 1862, Tafel 18.

²⁾ s. Armengaud, Publ. ind., Bd. 11, Paris 1858, Taf. II.

was einer sekundlichen Kolbengeschwindigkeit von 1,6 m entspricht. Der Dampf arbeitete mit 5 at Kesseldruck.

Die Steuerung mit unrundern Scheiben und Daumen wurde bei den großen Fördermaschinen wesentlich später als bei den Betriebsmaschinen angewendet. Sie bot den großen Vorteil, jede Dampfverteilung konstruktiv leicht durchführbar zu machen. Die Fig. 399 bis 401 zeigen eine von der Maschinenbaugesellschaft Nürnberg 1860 für den Maximilian-Schacht bei Stockheim erbaute 75 pferdige, einzylindrige Fördermaschine mit Schwungrad und Vorgelege mit dieser Nockensteuerung. Die Ventile liegen hier nebeneinander über dem Zylinder und werden durch eine senkrecht zur Zylinderachse gelagerte Steuerwelle, die von der Kurbelwelle aus mittels konischer Zahnräder angetrieben wird, bewegt. Die unrundern Nocken sind vom Steuerstande aus durch den Maschinisten verschiebbar.

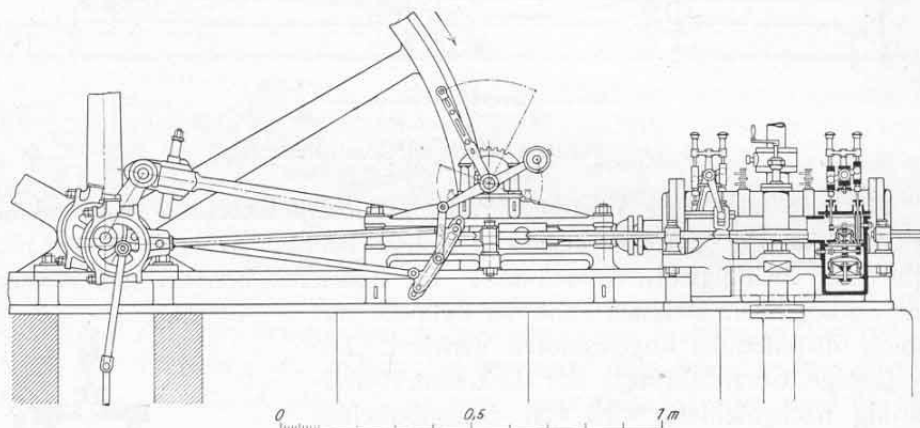


Fig. 398. Fördermaschine von Revollier, Frankreich, 1855.

Die ganze Maschine, die heute noch ihre Arbeit verrichtet, ist in der üblichen Weise auf kräftigem gußeisernem Rahmen, der auch die normale viereckige Geradföhrung trägt, angeordnet.¹⁾

3. Abmessungen und Betriebsangaben.

Über die Abmessungen und Betriebsverhältnisse der preußischen Fördermaschinen geben amtliche Erhebungen, die anfangs der 50er Jahre angestellt wurden, genaueren Aufschluß. Danach gab es 1826 im preußischen Bergbau 16 Fördermaschinen, 1852 155 mit 3371 PS, die fast ausschließlich noch mit Zahnradvorgelege arbeiteten; 29 davon hatten Kondensation.

¹⁾ Später wurde diese Nockensteuerung in Belgien von Brialmont und Kraft, in Frankreich von Audemar mit großem Vorteil bei Fördermaschinen angewendet.

Die Kosten der maschinellen Anlagen einschließlich Maschinen- und Kesselhaus wurden 1852 zu rund 2 Mill. Taler geschätzt. Die Betriebskosten betragen 124 506 Taler, wovon 54 421 Taler auf Kohlen entfielen. Was die Abmessungen betrifft, so hatten die meisten der 1852 angeführten Fördermaschinen einen Zylinderdurchmesser von 10 bis 20 Zoll (254 bis 508 mm) und einen Hub zwischen 20 und 30 Zoll (0,5 bis 0,76 m); die Umdrehungs-

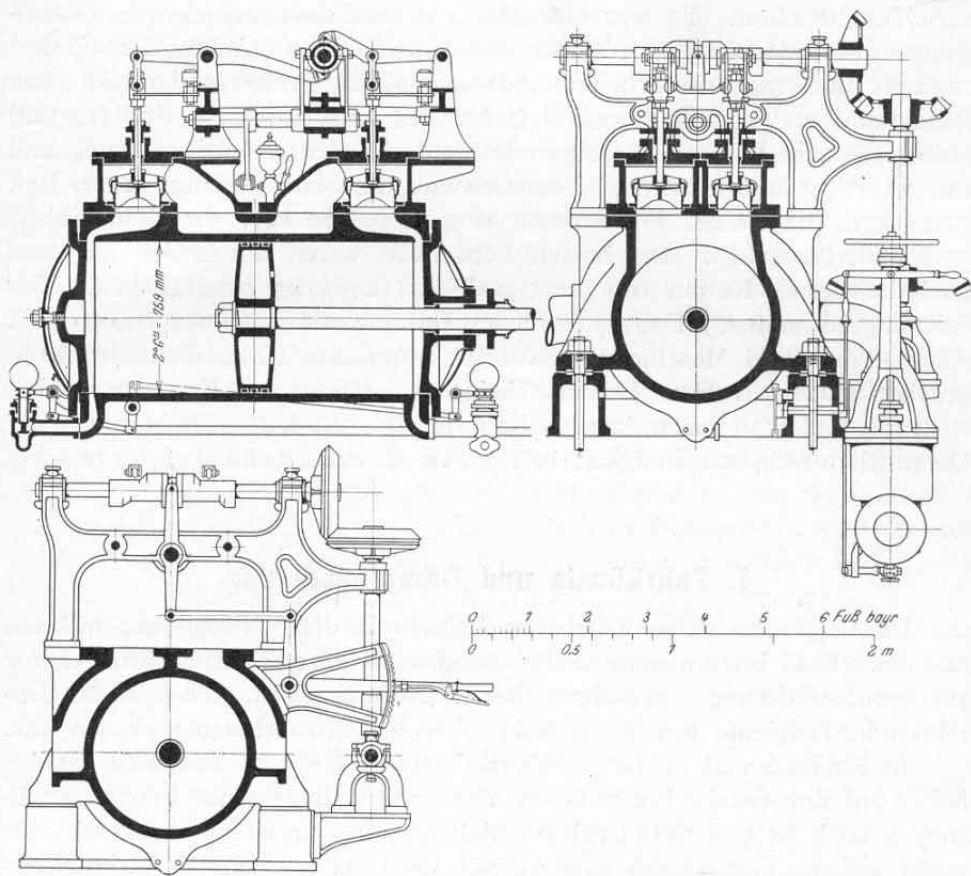


Fig. 399 bis 401. Fördermaschine mit Ventilsteuerung und unruunden Nocken
(Maschinenbaugesellschaft Nürnberg 1860).
(Nach Originalzeichnung.)

zahlen in der Minute lagen zwischen 30 und 40. Der mittlere wirksame Dampfdruck auf den Kolben wird meistens zwischen 20 bis 30 Pfd./Qu.-Zoll (1,4 bis 2,1 kg/qcm) angegeben. Der höchste Dampfdruck betrug 52 (3,66 kg/qcm), der niedrigste 2 Pfd./Qu.-Zoll (0,14 kg/qcm), öfters kam auch 40 bis 45 Pfd. (2,8 bis 3,16 kg/qcm) Dampfdruck vor.

Die größte Fördermaschine hatte 28 Zoll (711 mm) Durchmesser und 60 Zoll (1,5 m) Hub, die Umdrehzahl betrug 20 in der Minute; sie ar-

beitete mit Kondensation. Zwei solcher Maschinen von je 85 PS arbeiteten 1852 im Essener Revier, die eine mit einer „Nutzleistung von 4 PS.“

Im Cornwaller Bergbau gab es 1838 neben 104 Wasserhaltungsmaschinen 66 Fördermaschinen. Es waren einzylindrige Hochdruckmaschinen mit Schwungrad und Ventilsteuerung. Die üblichste Abmessung war 20 Zoll (508 mm) Zylinderdurchmesser bei 4 Fuß (1,22 m) Hub.

1852 wird in einem Studienbericht über die größte englische Fördermaschine berichtet. Es war eine Balanciermaschine, bei der die Schubstange des Balanciers unmittelbar die Kraft auf die Achse der Fördertrommel übertrug; sie arbeitete auf einer Kohlengrube in der Nähe von Sunderland und hatte bei 42 Zoll (1067 mm) Durchmesser 6 Fuß (1,83 m) Hub. Sie arbeitete mit niedrigem Dampfdruck, hatte Ventilsteuerung und soll 70 PS geleistet haben. Das Gewicht des Seiles betrug 11 900 Pfd. (5398 kg), die eiserne Fördertonne wog 1500 (680 kg), ihr Kohleninhalt 3300 Pfd. (1497 kg). Die beiden Förderseile waren durch sich auf- und niederbewegende Ketten von je 25 980 Pfd. (11 785 kg) ausgeglichen. Das Schwungrad maß 25 Fuß (7,6 m) im Durchmesser und wog 20 000 Pfd. Alle Gerüste und Maschinenfundamente waren aus Holz, das sehr nachgegeben hatte. In dem Berichte heißt es: „Die ganze Maschine wankte so stark, daß man jeden Augenblick ihren Umsturz hätte fürchten sollen.“ Die mittlere Seilgeschwindigkeit betrug 15 Fuß in der Sekunde (4,57 m/sek.).

4. Fahrkünste und Dampfhebezeuge.

Die Bergleute fuhren bei diesen Anlagen in den Fördertonnen mit aus und ein. Bald begann man auch besondere maschinelle Einrichtungen für Personenbeförderung auszuführen, besonders in Preußen, weil hier das Einfahren der Bergleute mit den gewöhnlichen Fördermaschinen verboten war.

In England und in den Bergwerksbezirken Belgiens ließ man die Arbeiter auf ihre Gefahr hin mit den oft sehr unvollkommenen Fördereinrichtungen auch in sehr tiefe Gruben einfahren. Die Arbeiter setzten sich entweder auf das Fördergefäß oder auf ein mit dem Seil einfach verbundenes kurzes Querstück. Sicherheitsvorrichtungen waren so gut wie noch gar nicht vorhanden. Vielfach gingen die beiden auf- und niedergehenden Fördergefäße noch in demselben Schachte ohne Zwischenwand und ohne zuverlässige Führung auf und nieder, so daß der Maschinenwärter die Fördermaschine ganz langsam gehen lassen mußte, sobald sich die Körbe im Schachte begegneten. Unter solchen Umständen war das Verbot der preußischen Regierung nur zu berechtigt. Aber das Aufsteigen der Bergleute z. B. aus den tiefen Schächten des Harzes, durch die langen Fahrten, ermüdete ganz außerordentlich, so daß nur junge und sehr kräftige Arbeiter in dem Tiefbau benutzt werden konnten. Auch die Zeit des Ein- und besonders des Ausfahrens wurde sehr lang.

Eine maschinelle Hilfe brachte erst Dörell in Zellerfeld, der 1833 vorschlug, an dem Kunstgestänge einer Wasserhaltungsmaschine Tritte und Handgriffe so anzubringen, daß die Bergleute abwechselnd von dem einen Kunstgestänge auf das andere treten und so von dem jeweilig Aufwärtsgehenden absatzweise um etwa $1\frac{1}{4}$ m fortwährend gehoben werden konnten. Diese „Fahrkunst“ wurde noch bis in die 70er Jahre im großen Maßstabe ausgeführt. Sie glich oft in ihrer äußeren Anordnung genau den Wasserhaltungsmaschinen mit zwei Zylindern.

Auch außerhalb der Bergwerke hat die Dampfmaschine frühzeitig mitgeholfen, Lasten zu heben. Krane und Winden ließen sich bequem durch kleine in ihrer Nähe angeordnete Dampfmaschinen antreiben. Je nachdem sie mehr oder weniger mit der ganzen Arbeitsmaschine organisch verbunden sind, läßt sich auch hier wieder ein besonderer Entwicklungsgang erkennen. Auch auf größere der heute erst gebräuchlichen Transportanlagen suchte man schon frühzeitig Dampfmaschinen anzuwenden. So schlug Trevithick bereits vor, auf fahrbaren Brücken stehende Drehkrane längs der Hafenmauern anzuordnen und sämtliche Bewegungen von seiner Hochdruckmaschine abzuleiten.

Gewöhnlich ließ man den Dampfzylinder unter Zwischenschalten von Flaschenzügen auf die Hubbewegung der Last wirken, genau so, wie es bei den hydraulischen Kranen üblich ist. Solche Dampfkrane, die naturgemäß einen riesigen Dampfverbrauch im Verhältnis zu den normalen Maschinen, schon infolge der notwendig hohen Abkühlungsverluste, aufweisen mußten, finden sich heute noch in einigen Häfen in Betrieb und harren ungeduldig ihrer Ablösung durch elektrische Kraftübertragung.

Interessant ist, daß man sogar den direkten Antrieb in der Weise ausgeführt hat, daß man die langen Standsäulen eines Drehkranes als Dampfzylinder ausbildete und den Dampfkolben unmittelbar mit den Seilen verband, so daß also das Seil selbst oben durch die Stopfbüchse geführt wurde.¹⁾

¹⁾ In Proc. Inst. Mech. Eng. 1859 wird ein solcher $2\frac{1}{2}$ Tonnen-Kran von Morrison beschrieben. Der Hub betrug 22 Fuß (6,7 m) und eine Bewegungsperiode konnte dreimal in der Minute wiederholt werden. Ein Vergleich der Kosten zwischen Dampf- und Wasserbetrieb — Wasserdruck zu 60 Pfd. (4,22 kg/qcm), Dampfdruck zu 50 Pfd./Qu.-Zoll (3,52 kg/qcm) angenommen — soll für Dampf $4\frac{1}{2}$ d, für Druckwasser 8 s. für die Stunde ergeben haben, was nur möglich ist bei den außerordentlich geringen Kohlenpreisen in Newcastle und den großen Kosten des hierfür benutzten Leitungswassers.

IV.

Die Gebläsemaschine.

Im Eisenhüttenwesen verlangte die Gebläsemaschine der Hochöfen zuerst nach der Dampfmaschine. Zunächst mußten allerdings die Gebläse selbst erst andere Formen annehmen, um auch mit Dampfmaschinenbetrieb größere Leistungsfähigkeit zu ermöglichen. Hölzerne Spitzbälge, hölzerne Kasten- oder höchstens hölzerne Zylindergebläse, die in Deutschland noch bis Ende des 18. Jahrhunderts allgemein zu finden waren und zuerst in England durch eiserne Zylindergebläse ersetzt wurden, eigneten sich nicht, von Dampfmaschinen betrieben zu werden. Smeaton war es, der im Laufe seiner großartigen Ingenieur Tätigkeit auch dieses Verdienst sich erworben hat. Etwa 1761 erbaute er auf den 1759 von Dr. Roebuck gegründeten berühmten Eisenwerken zu Carron das erste Zylindergebläse, bei dem vier gußeiserne, einfachwirkende Zylinder von einem Wasserrad angetrieben wurden. Die Anregung zu diesen Gebläsekonstruktionen mögen die Feuermaschinen, denen sie auch im äußeren möglichst nachgebildet waren, gegeben haben. Vielleicht diente ein alter Dampfzylinder für die Versuche mit dem ersten Zylindergebläse. Erst diese neuen Gebläse, mit denen 1798 fast alle englischen Hochöfen bereits ausgerüstet waren, ermöglichten es, im großen Maßstabe von der alten Eisenerzeugung mit Holzkohlen zum Kokshochofen überzugehen. Damit erst begann die Massenerzeugung von Eisen, die zu dem immer weiter sich ausdehnenden Maschinenwesen erforderlich war.

1765 wurde auch schon eine atmosphärische Maschine von 72 Zoll (1829 mm) Durchmesser und $5\frac{1}{2}$ Fuß (1,68 m) Hub, die 6 bis 8 Hübe in der Minute machte, zum Gebläsebetrieb erbaut, allerdings noch nicht direktwirkend, es war eine Pumpmaschine, die nur den Wasserrädern im trockenen Sommer das nötige Aufschlagwasser verschaffen sollten. Vorher hatte schon Pölsunow seine Spitzbälge in eigenartiger Weise von einer atmosphärischen Maschine betreiben lassen (s. S. 311).

Um 1765 versuchte man zu Colebrookdale auch bereits, Gebläse unmittelbar von der Dampfmaschine anzutreiben, zunächst allerdings ohne Erfolg; der ungleiche Gang der einfachwirkenden Maschine mit ihren mehr oder weniger langen Hubpausen konnte nicht die verlangte gleichmäßige Windströmung erzeugen. Man ging wieder zu den „returning engines“ über, wie man die Dampfmaschine als Hilfspumpmaschine verbunden mit einem Wasserrad bezeichnete.

Noch 1772 sprach sich Smeaton gegen die unmittelbare Benutzung der Dampfmaschine aus und empfahl, mit einem Wasserrad 4 Gebläsezylinder zu betreiben. Vorläufig genügte dies, konnte man doch schon

1769 mit solcher Anlage 1500 Kubikfuß (42,5 cbm) Luft in der Minute dem Ofen zuführen.

Erst 1784 gelang es, eine atmosphärische Maschine unmittelbar zum Antrieb eines Gebläses zu verwenden. Die Maschine glich der normalen Pumpmaschine mit Balancier. An der Stelle des Pumpenzylinders stand jetzt der oben offene Gebläsezylinder, dessen Kolben soweit belastet wurde, daß er beim Abwärtsgang durch sein Gewicht die Luft in den Ofen drücken konnte. Zum Ausgleich der nur beim Abwärtsgang erfolgenden Windlieferung diente ein zweiter Zylinder mit entsprechend belastetem Kolben. Auch die umgekehrte Anordnung des Windzylinders kam vor, bei der also das Ansaugen beim Abwärtsgang des Gebläsekolbens vor sich ging, während die Luft bei dem unmittelbar durch den äußeren Luftdruck erfolgenden Aufwärtshub des Gebläsekolbens in den Ofen gepreßt wurde.

Ehe es gelang, die atmosphärische Maschine in dieser Weise dem Gebläsebetrieb dienstbar zu machen, hatte Watt bereits 1777 für Wilkinson eine Gebläsemaschine mit einfachwirkendem Dampf- und doppelwirkendem Gebläsezylinder geliefert; dieser war an beiden Enden geschlossen und für den Abwärtsgang entsprechend belastet. Der Dampfzylinder hatte 30 (762 mm), der Gebläsezylinder 36 Zoll (914 mm) Durchmesser. Sobald die doppelwirkende Dampfmaschine sich bewährt hatte, wurde nur sie allein noch zum Antrieb der Zylindergebläse verwendet.

Eine 1807 von der Sohoer Firma gelieferte doppelwirkende Gebläsemaschine mit 48zölligem (1219 mm) Dampf- und 84zölligem (2134 mm) Gebläsezylinder leistete bei 8 Fuß (2,44 m) Hub und 12 Hübren in der Minute 85 PS. Sie lieferte minutlich 5700 Kubikfuß (161,4 cbm) Luft von 17,7 Pfd./Qu.-Zoll (1,24 kg/qcm) Pressung. Sie glich im Aufbau und Ausführung vollkommen der normalen Balancier-Wasserhaltungsmaschine.¹⁾

Die Balanciermaschine ohne Drehbewegung blieb jahrzehntelang die normale Gebläsemaschine der großen Hüttenanlagen.

Als Beispiel möge die 1802 auf der Königshütte in Oberschlesien in Betrieb gesetzte Gebläsemaschine dienen, Fig. 402.

Die beiden Maschinen waren von Holtzhausen in Gleiwitz erbaut. Sie bestanden zuerst aus zwei 40zölligen (1016 mm) einfachwirkenden Dampfmaschinen, welche mit einem Balancier auf zwei Gebläsezylinder von je 72 Zoll (1829 mm) Durchmesser und 7 Fuß (2,13 m) Hubhöhe arbeiteten und bei 11 bis 12 Hübren in der Minute jedem Hochofen minutlich 2400 Kubikfuß (68 cbm) Luft von $2\frac{3}{4}$ bis 3 Pfd./Qu.-Zoll (0,19 bis 0,21 kg/qcm) Druck zuführten.²⁾

¹⁾ s. Farey, Steam engine, London 1827.

²⁾ Es galt als eine besonders bemerkenswerte Leistung des schlesischen Maschinenbaues, daß die neugegründete Lehmformerei zu Gleiwitz schon 1800 einen Zylinder von 72 Zoll (1829 mm) lichter Weite und 10 Fuß (3,05 m) Gesamthöhe gießen und in der Werkstatt daselbst auch weiter bearbeiten konnte.

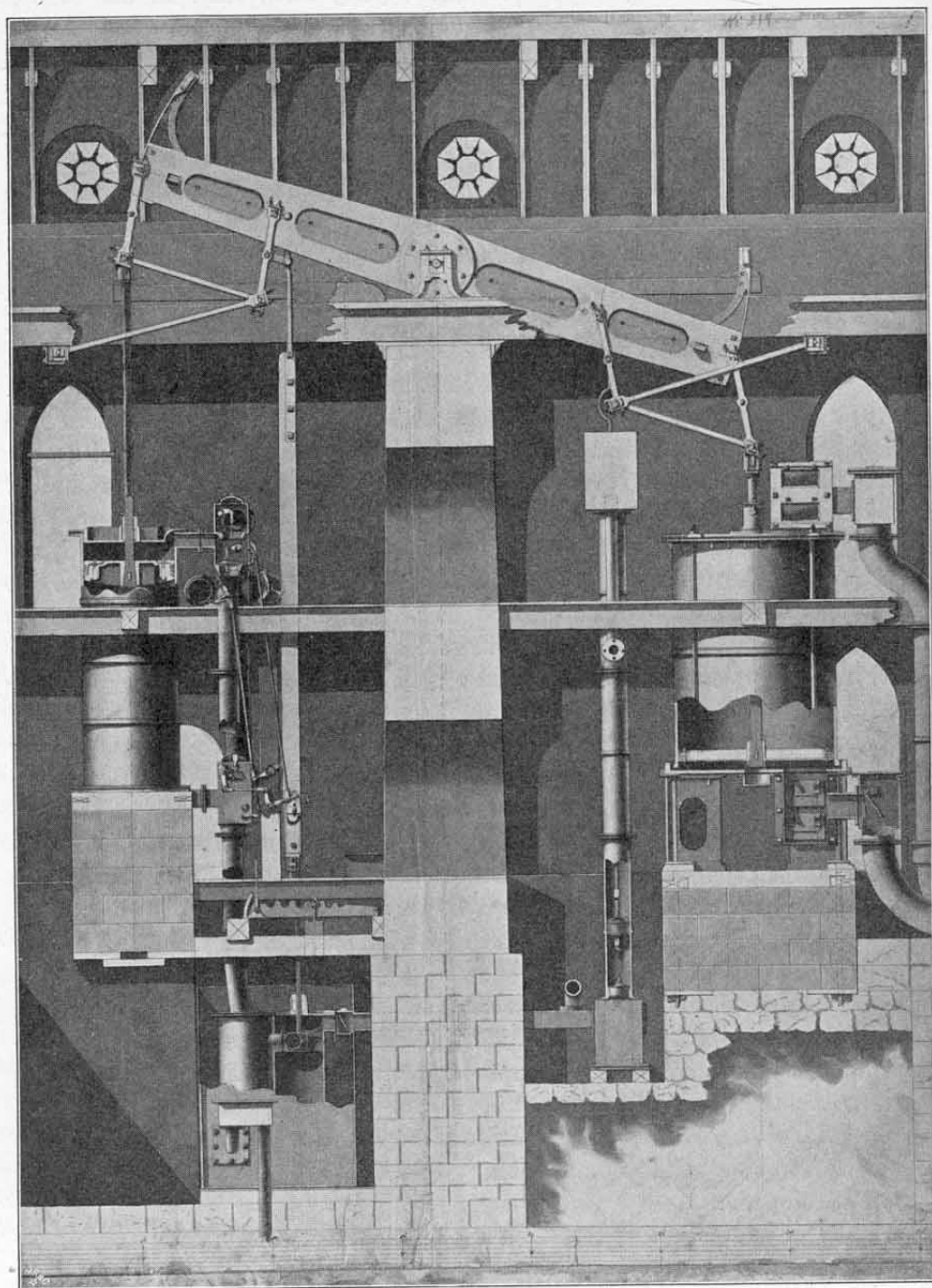


Fig. 402. Gebläsemaschine, 1802 von Holtzhausen erbaut.
(Originalzeichnung der Vereinigt. Königs- und Laurahütte, Oberschlesien.)

Später wurde die Maschine, da ihre Leistung nicht ausreichte, in eine doppeltwirkende umgebaut. Die Abbildung zeigt die Maschine nach diesem Umbau. Der Balancier ist aus Holz mit starken gußeisernen Seitenplatten gefertigt. Die Maschine arbeitete mit Kondensation, ihre Steuerung glich genau der der Wasserhaltungsmaschine.

Die Bauart war einfach und ließ sich nach den Erfahrungen mit den Wasserhaltungsmaschinen unter Benutzung vorhandener Modelle leicht ausführen. Auf den Brennstoffverbrauch kam es den Hüttenanlagen damals noch sehr wenig an.¹⁾

Versuche, nach dem Vorgange der Cornwall-Maschinen erhebliche Expansion anzuwenden, mußten an den von den Pumpmaschinen grundverschiedenen Betriebsverhältnissen scheitern. Dort hatte man es mit gleichbleibender Belastung, hier mit stark wechselndem Widerstand zu tun. Beim Beginn des Hubes war der Druck im Dampfzylinder am höchsten, im Gebläsezylinder am niedrigsten, und umgekehrt, gegen Ende des Hubes hatte der Dampfdruck bei Expansion im Dampfzylinder stark abgenommen, während der Druck im Gebläse gleichzeitig stieg. Auch bei geringer Geschwindigkeit waren starke Stöße, Durchschlagen des Balanciers usw. kaum zu vermeiden.

Der unsichere, gefährvolle Betrieb bei Benutzung der Expansion zwang davon abzusehen. Wollte man größere Expansion ohne diese großen Druckunterschiede in einem Zylinder erreichen, so mußte man zu Woolfschen Maschinen greifen, die denn auch in den 50er und vor allem in den 60er Jahren sich schnell verbreiteten. Noch 1869 wurden von Nasmyth Wilson & Co. in Manchester riesige Woolfsche Gebläsemaschinen erbaut.²⁾ Die Maschinen waren mit Seitenbalancier ausgerüstet. An jedem Ende stand ein Dampfzylinder, über dem ein Gebläsezylinder angeordnet war, dessen Kolben unmittelbar mit dem des entsprechenden Dampfzylinders verbunden war. Jede Maschine hatte also zwei Gebläsezylinder von je 100 Zoll (2540 mm) Durchmesser. Die Dampfzylinder waren 45 und 66 Zoll (1143 und 1676 mm) weit bei 12 Fuß (3,66 m) Hub. Mit Rücksicht auf die fehlende Hubbegrenzung soll allerdings der wirkliche Hub nur etwa 10 Fuß (3,05 m) betragen haben. Die Maschine machte $10\frac{1}{2}$ Doppelhübe in der Minute. Der schädliche Raum war natürlich infolge des verkürzten Hubes außerordentlich groß.

1850 erbaute die Friedrich Wilhelms-Hütte in Mülheim a. d. Ruhr Woolfsche Gebläse-Maschinen ohne Kondensation von 88 bzw. 44 Zoll (2235 bzw. 1118 mm) Zylinderdurchmesser bei 8 Fuß (2,44 m) Hub. In den 70er Jahren waren in Schottland noch riesige Balanciermaschinen ohne

¹⁾ Die Hochofengase zur Feuerung der Dampfkessel wurden schon frühzeitig benutzt. Auf der Hütte zu Niederbronn wurden schon von 1837 an die Dampfkessel ausschließlich durch die Hochofengase geheizt.

²⁾ s. Engineer 1869 und 1872.

Schwungradbewegung im Betriebe. Der Gebläsezylinder hatte 120 Zoll (3048 mm) lichte Weite und gleich großen Hub. Die Maschine lief mit 16 bis 18 Doppelhüben in der Minute. Die Steuerung soll allerdings bei der großen Kolbengeschwindigkeit unerträglich geräuschvoll gearbeitet haben.

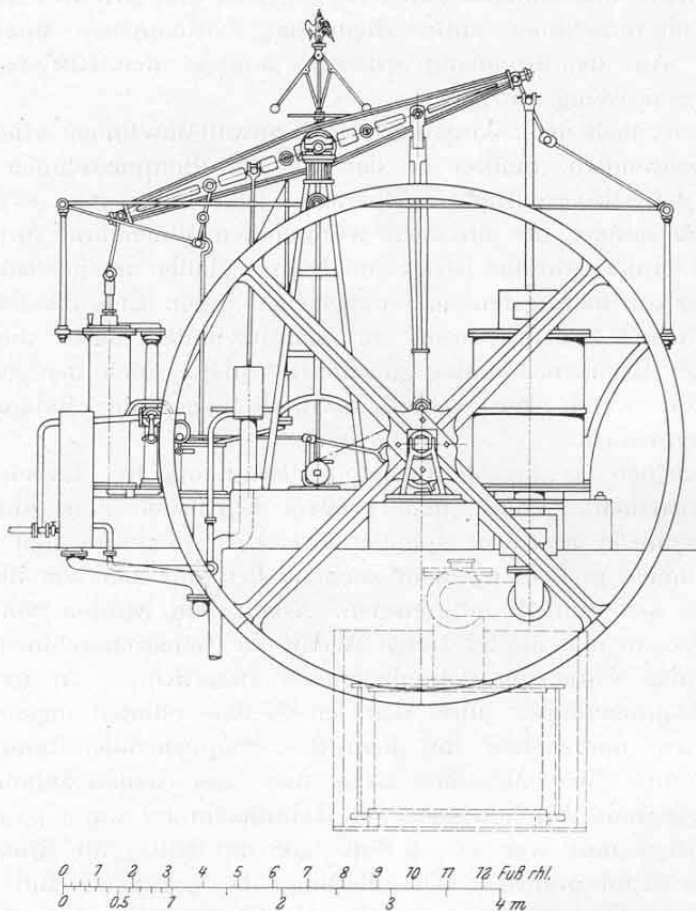


Fig. 403. Gebläsemaschine mit Drehbewegung von Freund-Berlin 1820.

Diese riesigen Abmessungen waren notwendig, da man es damals in England, im Gegensatz zu Amerika und dem Festland, für zweckmäßig hielt, mehrere Hochöfen von einer Gebläsemaschine aus zu bedienen. So bediente eine der größten Maschinen jener Zeit in Schottland nicht weniger als 10 Hochöfen.

Schließlich aber führte auch hier das Bestreben, größere Geschwindigkeit anzuwenden, dazu, diese kraftschlüssigen Maschinen aufzugeben und zu Maschinen mit Drehbewegung überzugehen, bei denen das Kurbelgetriebe die Hubbegrenzung abgab. Ein Schwungrad diente hierbei als Kraftaus-

gleicher und machte es möglich, höhere Expansion anzuwenden. Die Balanciergebläsemaschine mit Drehbewegung verdrängte bald die reine Hubmaschine vollständig.

Der äußeren Anordnung nach lag es am nächsten, das Kurbelgetriebe zwischen dem einen Zylinder und dem Balancierstützpunkt einzubauen.

Freund in Berlin hatte schon 1820 eine solche kleinere Gebläsemaschine für die Königliche Eisengießerei in Berlin erbaut. Fig. 403. Der Dampfzylinder hatte $12\frac{1}{4}$ Zoll (311 mm) lichte Weite, der Gebläsezylinder $36\frac{3}{8}$ Zoll (924 mm), der wirksame Dampfdruck betrug 25,5 Pfd./Qu.-Zoll (1,79 kg/qcm). Die Dampfverteilung geschah durch Hähne, die aus weißem Roheisen hergestellt waren. Die Sitze waren aus Rotguß. Ein Regulator, mit einem preußischen Adler geschmückt, krönte den ganzen Aufbau.

Der 10 Fuß (3,05 m) lange Kessel war aus gewalztem Blech in 7 Schüssen hergestellt. Durch ihn hindurch ging ein gußeisernes, ovales Flammrohr von 85 Qu.-Zoll (548,4 qcm) Querschnitt.¹⁾

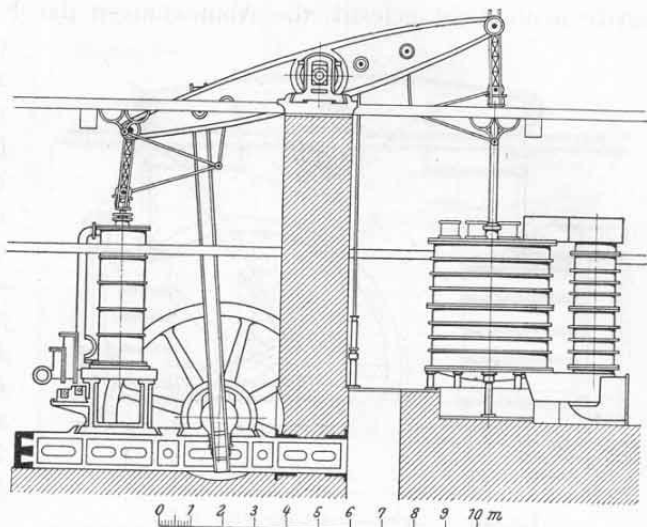


Fig. 404. Gebläsemaschine mit Drehbewegung in England 1851.

Die Maschine hatte Oberflächenkondensation und entsprach sonst im äußeren Aufbau den Freundschcn Betriebsmaschinen, s. S. 379.

Eine große Hochofen-Gebläsemaschine dieser Bauart zeigt Fig. 404.²⁾

Das Gebläse wurde 1851 auf dem englischen Hüttenwerke zu Dowlais errichtet. Der Gebläsezylinder hatte die riesige Abmessung von 12 Fuß (3,66 m) Durchmesser und 12 Fuß Hub. Bei 20 Umdrehungen in der Minute leistete die Maschine 44000 Kubikfuß (1246 cbm) bei $3\frac{1}{4}$ Pfd./Qu.-Zoll (0,23 kg/qcm) Windpressung. Der Dampfzylinder war 55 Zoll (1397 mm) weit bei 13 Fuß (3,96 m) Hub. Bei 60 Pfd./Qu.-Zoll (4,2 kg/qcm) Dampfdruck leistete die Maschine rund 650 PS. Ein Expansionsventil, das vor

¹⁾ Nähere Beschreibung mit Zeichnung s. Annalen der Physik von Gilbert, Leipzig 1821, S. 49 bis 86, Abbild. auf Taf. I. Das Königl. Oberbergamt zu Halle besitzt eine Originalzeichnung zu dieser Maschine, von Freund selbst gezeichnet.

²⁾ s. Londoner Journal of Arts, April 1858 und Dingler, Band 149, Jahr 1858.

dem Schieberkasten angeordnet war, gab $\frac{1}{3}$ Füllung; die Maschine arbeitete ohne Kondensation; der Auspuffdampf wurde zum Vorwärmen des Speisewassers benutzt. Der Dampfzylinder stand auf einem etwa 75 t schweren gußeisernen Balkengerüst, das seinerseits wieder auf einem riesigen Fundament aus großen Kalksteinblöcken ruhte. Der aus zwei Hälften gegossene Balancier wog etwa 33 t. Das ganze auf die Balancierzapfen kommende Gewicht betrug 44 t. Das Schwungrad hatte 22 Fuß (6,7 m) Durchmesser und wog 35 t. Zeitweise bediente diese Maschine 8 Hochöfen.

Trotz den riesigen Abmessungen, die den einzelnen Maschinenteilen gegeben wurden, waren doch Brüche im Kurbelgetriebe sehr häufig. Man hatte noch nicht gelernt, die Abmessungen der Einzelteile den Betriebsbedingungen der Gebläse anzupassen.

Das Kurbeltriebwerk wurde bei der besprochenen Anordnung, bei der die Schubstange ungefähr zwischen Balancierstütze und Balancierende angriff, besonders stark beansprucht. Der kurze Kurbelhub hatte einen entsprechend höheren Druck zur Folge. Nicht immer blieb es beim stetigen Heißblauen des Kurbelzapfens, zahlreiche Brüche blieben nicht aus;

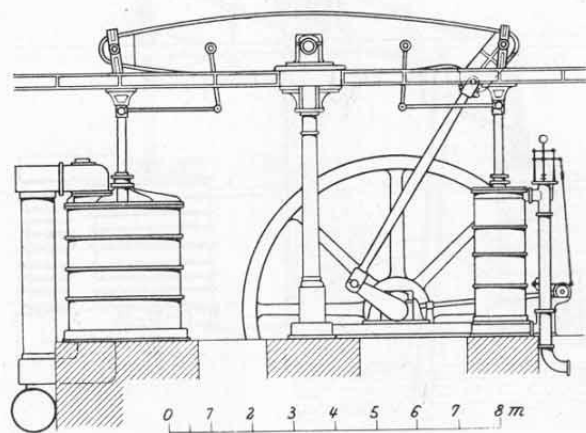


Fig. 405. Gebläsemaschine um 1860.

in einem Falle brach in zwölf Monaten sechsmal der Kurbelzapfen und zweimal die Schwungradachse. In einem anderen englischen Werke¹⁾ wurde das ganze Fundament des Kurbellagers gehoben und die Ankerbolzen zerrissen. Abhilfe suchte man durch einseitige Verlängerung des Balanciers zu schaffen, wobei man die Schubstange möglichst in der Nähe des Balancierendes angreifen ließ. Oder man griff zu dem ebenfalls in England zuerst angewendeten Mittel der schiefen Schubstange, bei der die Schubstange an einem nach unten oder oben gerichteten Horn des Balanciers angriff und die Kurbelwelle mit Schwungrad entweder innen oder außen neben dem Zylinder gelagert war. Natürlich mußte bei dieser Konstruktion der im Balancier auftretende Längsschub, der sich auch auf die Lager übertrug, berücksichtigt werden. Als Beispiel hierfür diene Fig. 405. Die Maschine mit innenliegender Kurbelwelle wurde von der Friedrich Wilhelmshütte in den 60er Jahren ausgeführt. Die Windzylinder

¹⁾ s. Engineer, Oktober 1866.

hatten 100 Zoll (2540 mm), die Dampfzylinder 42 Zoll (1067 mm) Durchmesser; der gemeinsame Hub betrug 9 Fuß (2,74 m), der Kurbelhalbmesser 47 Zoll

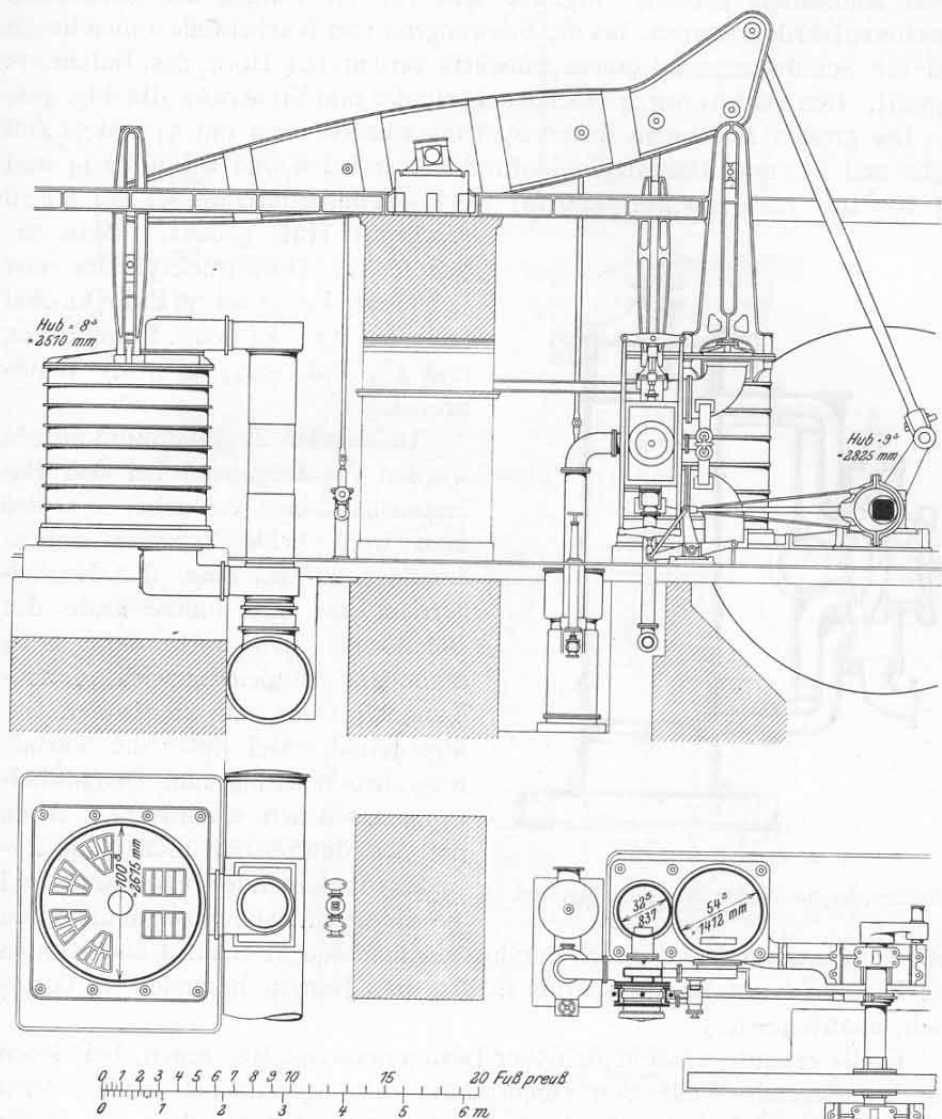


Fig. 406 und 407. Gebläsemaschine um 1860. Märkische Maschinenfabrik in Wetter a. d. Ruhr.
(Nach Originalzeichnung.)

(1194 mm). Die Windpressung betrug gewöhnlich $4\frac{1}{2}$ Pfd./Qu.-Zoll (0,32 kg/qcm), die Dampfspannung 3 at Überdruck. Die Maschine arbeitete im regelmäßigen Betriebe mit 13 Umdrehungen in der Minute und mit halber Füllung.¹⁾

¹⁾ Diese für das Hüttenwerk „Vulkan“ bei Duisburg gelieferte Maschine kostete 20 000 Taler; s. J. Schlink, Über Gebläsemaschinen, Berlin 1880, Sonderabdruck aus Glasers Annalen.

Auch Woolfsche Maschinen, um deren Einführung sich besonders die Märkische Maschinenfabrik in Wetter verdient machte, wurden häufig in dieser Anordnung gebaut. Fig. 406 läßt eine Anordnung der Märkischen Maschinenfabrik erkennen, bei der Schwungrad und Kurbelwelle außen liegen und die Schubstange an einem aufwärts gerichteten Horn des Balanciers angreift. Den Schnitt durch Hochdruckzylinder und Steuerung gibt Fig. 408.

Die großen Maschinen dieses Systems wurden etwa mit 54 und 32 Zoll (1412 und 837 mm) Dampfzylinderdurchmesser bei 8 und 6 Fuß (2,44 und 1,9 m) Hub und 100 Zoll (2,6 m) Gebläsezylinderdurchmesser bei 8 Fuß (2,44 m) Hub gebaut. Man arbeitete im Hochdruckzylinder mit $\frac{4}{5}$ Füllung bei 38 bis 39 Pfd./Qu.-Zoll (2,67 bis 2,74 kg/qcm) Dampfdruck und $4\frac{7}{8}$ Pfd. (0,34 kg/qcm) Wind-
 pressionung.

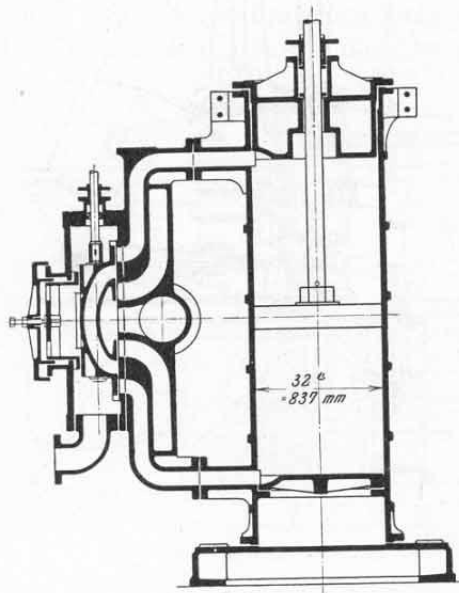


Fig. 408.

Hochdruckzylinder zur Maschine Fig. 406.

ließ, kam ausnahmsweise vor. Selbst oszillierende Maschinen suchte man mit Rücksicht auf Raumersparnis in den 40er Jahren, besonders in Österreich, anzuwenden.¹⁾

Egells erbaute noch in den 50er Jahren derartige Maschinen, bei denen eine hochliegende Welle von einem unter ihr angeordneten oszillierenden Zylinder angetrieben wurde, von der aus wieder zwei über der Welle stehende oszillierende Gebläsezylinder mit unter 90° versetzten Kurbeln ihre Bewegung erhielten. Es muß einen eigentümlichen Anblick gewährt haben, drei große Zylinder über und unter der Welle ihre entgegengesetzten oszillierenden Bewegungen ausführen zu sehen. Ein großer über der Kurbelwelle sitzender Regulator machte das Bild noch bewegungsfroher. Der Beiname „Wackler“ war für diese Bauart nur zu passend gewählt.

¹⁾ s. Tunner, Der wohlunterrichtete Hammermeister, 1846.

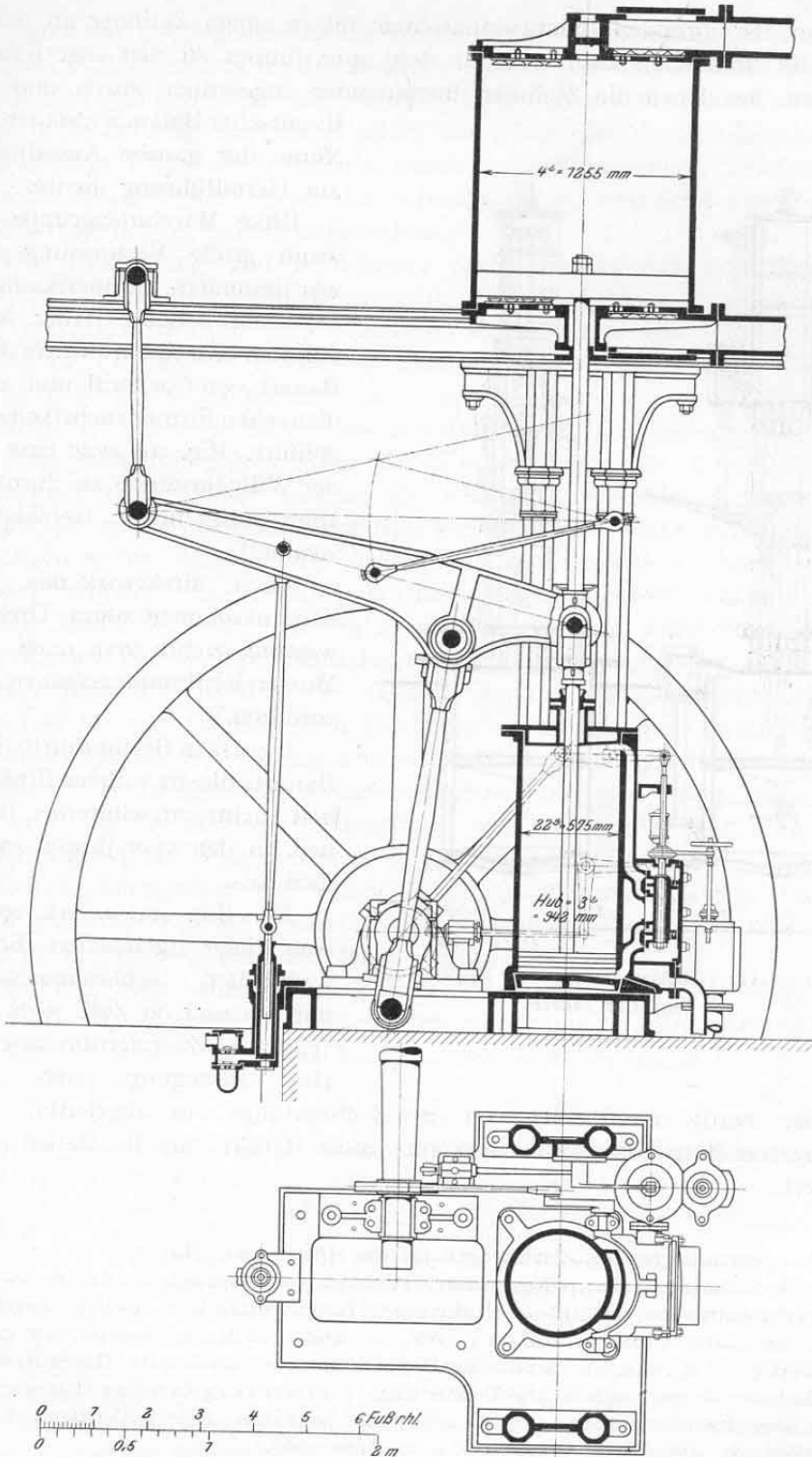


Fig. 409 und 410. Stehende Gebläsemaschine der Wilhelmshütte in Sprottau 1860.

Von der normalen Balanciermaschine mit je einem Zylinder an jedem Ende des Balanciers kam man in den 40er Jahren zu den sog. Evans-Gebläsen, bei denen die Zylinder übereinander angeordnet waren und ein Evansscher Balancier, daher der Name der ganzen Anordnung, zur Geradföhrung diente.

Diese Maschinengruppe gewann große Verbreitung und war besonders in Amerika lange Zeit sehr beliebt. Aber auch auf dem Kontinent wurde diese Bauart von Cockerill und auch deutschen Firmen mehrfach ausgeföhrt. Fig. 409 zeigt eine von der Wilhelmshütte zu Sprottau 1860 ausgeföhrt Gebläsemaschine.¹⁾

Auch direktwirkende Gebläsemaschinen ohne Drehbewegung suchte man nach dem Muster der Pumpmaschinen auszuföhren.²⁾

Egells in Berlin föhrt diese Bauart, die an äußerer Einfachheit nichts zu wünschen übrig ließ, in den 50er Jahren mehrfach aus.

Die Fig. 411 u. 412 zeigen eine dieser Egellsschen direktwirkenden Gebläsemaschinen mit 26 und 66 Zoll (678 und 1722 mm) Zylinderdurchmesser. Die Bewegung der zwei

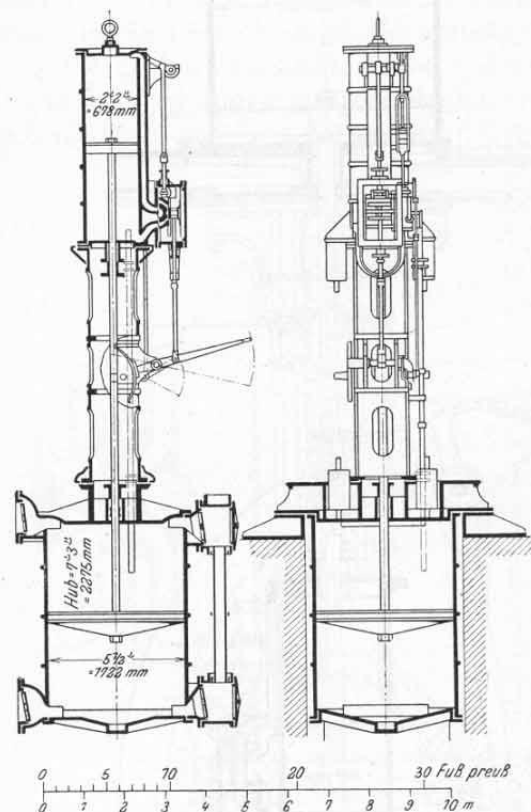


Fig. 411 u. 412. Gebläsemaschine von Egells-Berlin in den 50er Jahren.
(Nach Originalzeichnung.)

Schieber wurde unmittelbar von der Kolbenstange aus abgeleitet. Den gesteigerten Betriebsansprüchen konnte diese Bauart auf die Dauer nicht genügen.

¹⁾ s. Sammlungen von Zeichnungen für die Hütte 1861, Taf. 15.

²⁾ In Schlesien fanden einige dieser Maschinen Verwendung, von denen eine von Hofmann entworfen und in der Rufferschen Maschinenfabrik in Breslau ausgeföhrt wurde. Sie hatte 84 bzw. 31 Zoll (2134 bzw. 787 mm) Zylinderdurchmesser, der größte Hub betrug 8 Fuß (2,44 m), Anzahl der Doppelhübe 7 in der Minute. Die Stützsäulen der Maschine dienten zugleich als Windleitung. Ein unten angebrachter Balancier mit großen Gegengewichten diente zum Ausgleich der bewegten Teile; s. Verhandl. d. Ver. zur Beförd. d. Gewerbl. in Preußen, Bd. 39, Jahr 1860.

Einen durchschlagenden Erfolg hatten erst die direktwirkenden stehenden Maschinen mit Schwungrad. Die Zylinder standen hier übereinander, meistens der Gebläsezylinder oben, der Dampfzylinder unten, aber auch die umgekehrte Anordnung kam nicht selten vor. Von der durch Gleitbahn geradegeführten Kolbenstange wurden durch zwei rückkehrende Schubstangen die unter dem Zylinder liegende Kurbelwelle, auf der zwei Schwungräder freifliegend angebracht waren, angetrieben.

Um Einführung und Ausbildung dieser Bauart hat sich besonders Cockerill in Seraing verdient gemacht. Die erste dieser Maschinen wurde 1853 von Brialmont, dem damaligen Konstrukteur der Firma, für die Société de l'Espérance Londoiz in Seraing erbaut. Die Fig. 413 bis 415 zeigen diese erste Gebläsemaschine „Type Seraing“, die heute noch den Hochofen Nr. 1 der genannten Gesellschaft bedient. Die Maschine hat einen 1054 mm weiten Dampfzylinder; der Windzylinder mißt 1830 mm. Der gemeinsame Hub beträgt 2,44 m, der wirksame Dampfdruck $2\frac{1}{2}$ at, der Winddruck 12 cm Quecksilbersäule. Die Maschine läuft mit $12\frac{1}{2}$ Umdrehungen in der Minute. Die Dampfverteilung geschieht durch Ventile, die von besonderer Steuerwelle aus durch Scheiben bewegt werden.

Die Maschine steht zwischen zwei Hochofen; der außerordentlich geringe Raum, der zu ihrer Aufnahme damals verfügbar war, hatte diese stehende Bauart veranlaßt. Die ungewohnte Höhe der Maschine von über 10 m ließ für die Standfestigkeit fürchten, weshalb man sie anfangs gegen die beiden Hochofen sorgfältig absteifte, dabei aber nicht berücksichtigte, daß die durch die Erwärmung hervorgerufenen starken Formveränderungen jetzt auch auf die Maschinen übertragen wurden. Später hat man diese Versteifungen ganz weggenommen. Die Maschine arbeitet jetzt schon über ein halbes Jahrhundert zur vollen Zufriedenheit ihrer Besitzer. Sie hat eine ungewöhnlich große Nachkommenschaft aufzuweisen. Bis 1865 hatte Cockerill 44 dieser Gebläsemaschinen geliefert.¹⁾

In Frankreich wurde diese Bauart von Schneider-Creuzot eingeführt. Auch in Deutschland fand sie sehr günstige Aufnahme.²⁾ Fig. 416 zeigt eine von Hofmann in der Rufferschen Maschinenfabrik zu Breslau 1859 ausgeführte Woolfsche Maschine.³⁾

¹⁾ Die erste Gebläsemaschine wurde 1825 in Seraing für einen Kokshochofen des Werkes erbaut und war fast 50 Jahre im Betrieb. Bis 1899 waren 166 Gebläsemaschinen in Seraing erbaut worden, wovon 37 einzylindrige, 2 Zwillings-, 100 Woolfsche und 27 Verbundgebläsemaschinen waren. Die erste Woolfsche Gebläsemaschine wurde 1863 in Seraing gebaut, und zwar für die Hochofen zu Esch in Luxemburg. s. Mitteilungen von Hrn. Kraft, Seraing und Druckschriften von Seraing.

Zeichnungen der Maschine, Fig. 413, sind enthalten im Portefeuille Cockerill, Bd. 1, Fig. 31, 32 u. 33, Text S. 247—270.

²⁾ Schlick berichtet, daß auch auf der Sayner-Hütte bei Koblenz eine von der Hütte selbst erbaute direktwirkende Gebläsemaschine bereits 1853 arbeitete.

³⁾ Die Maschine war für das Hüttenwerk Vulkan bei Tarnowitz bestimmt; s. Verh. d. Vereins zur Beförderung d. Gewerbef. in Preußen, Jahr 1859, Taf. 13 u. 14.

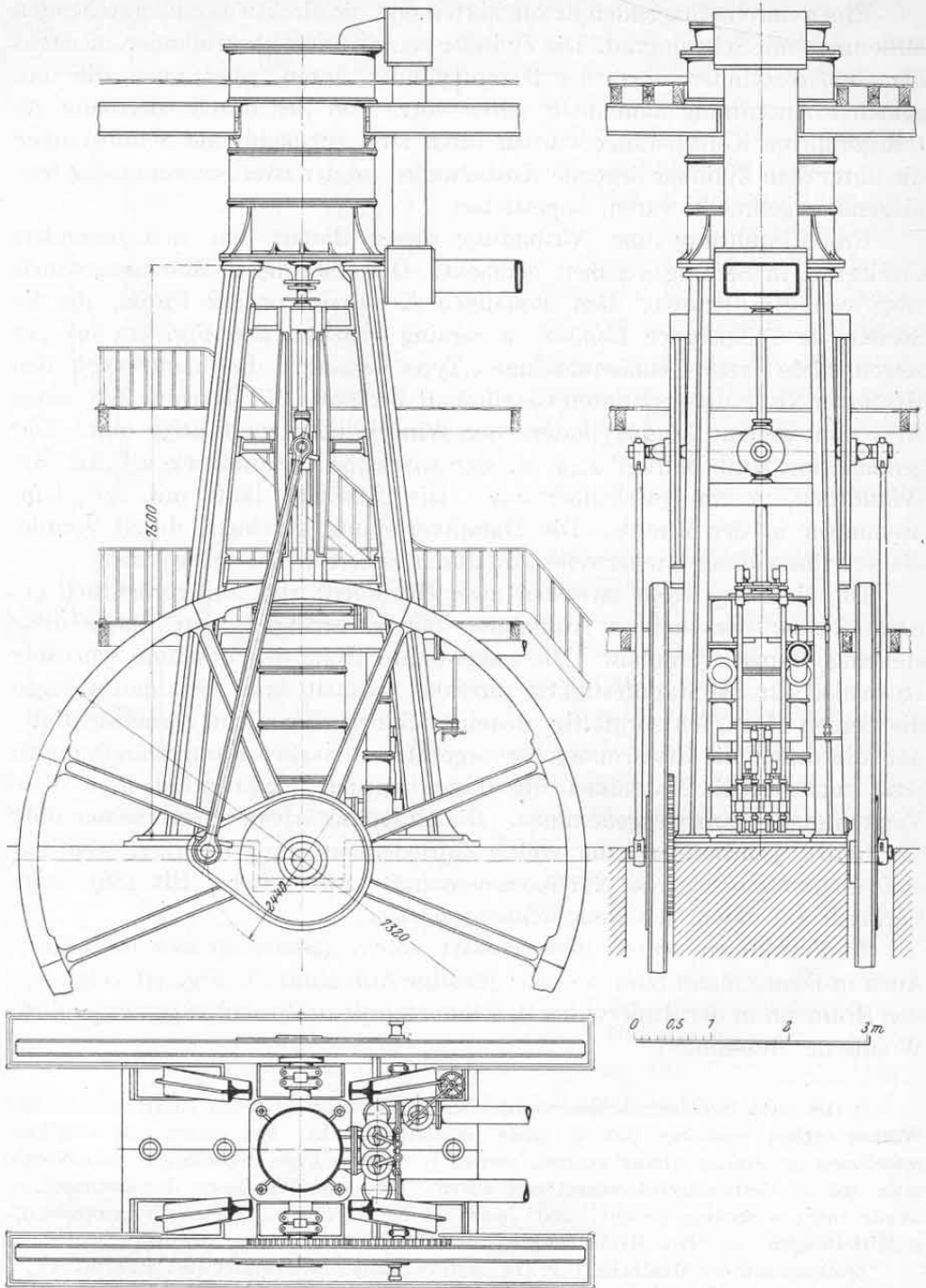


Fig. 413 bis 415. Erste stehende Gebläsemaschine, Bauart Seraing, 1853 von Brialmont erbaut.

Die Dampfzylinder waren 45 und 21 Zoll (1143 und 533 mm) weit bei 9 Fuß (2,74 m) Hub, der Windzylinder war 100 Zoll (2540 mm) weit.

Die Schiebersteuerung beider Zylinder wurde von einer besonderen Steuerwelle aus betrieben. Die gußeiserne Schwungradwelle war im Lager 10 Zoll (254 mm) stark. Schubstange und Kurbel lagen innerhalb des aus Säulen gebildeten Maschinengestells. Die Maschine arbeitete mit Kondensation. Die Luftpumpe hatte 30 Zoll (762 mm) Durchmesser und 3 Fuß (0,91 m) Hub. Zur Regulierung diente eine Drosselklappe, deren Stellung von einem kleinen

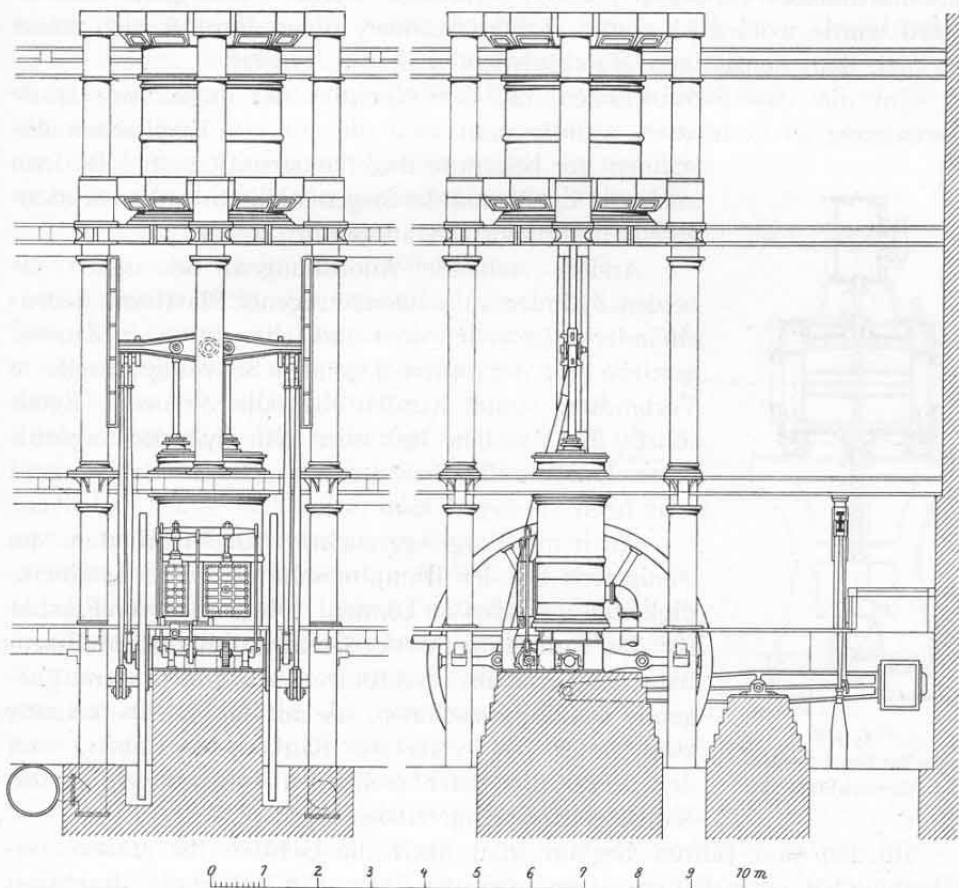


Fig. 416 und 417. Gebläsemaschine von Hofmann-Breslau 1859.

mit der Hauptwindleitung in Verbindung stehenden Luftzylinder abgeleitet wurde. Je nach der Windspannung öffnete oder schloß sich die Drosselklappe mehr oder weniger. Ein Teil des Gewichtsausgleichs geschah hier durch Balanciers, welche zugleich die Luftpumpe betrieben. Auffallend klein im Verhältnis zu den ganzen Maschinenabmessungen waren die Schwungräder. Um einseitige Wirkungen auf die Kolbenstange, die sich bei der Anwendung zweier Schubstangen sehr oft bemerkbar machten, zu vermeiden,

hatte man hier die Kolbenstangen durch Kopflager und Bolzen mit dem Querhaupt verbunden. Das letztere konnte sich also etwas bewegen, ohne die Stopfbüchsen anzugreifen.

Verglichen mit den belgischen Maschinen, war das deutsche Maschinengerüst gewöhnlich breiter und standfester; es war auch mehr für Querverbindungen gesorgt, wodurch das unangenehme Wackeln der oberen Teile, die man sonst nachträglich mittels Spannstangen gegen die Ecken des Maschinenhauses versteifen mußte, vermieden wurde. Das ganze Säulengestell wurde wohl auch durch Hohlgußständer, deren Formen sich schon merklich dem neuzeitigen Maschinenbau näherten, ersetzt.

Um die zwei Schubstangen mit dem Nachteil der ungleichen Kraftübertragung zu vermeiden, wandte man auch die von den Egellsschen Maschinen her bekannte Bügelkonstruktion an, die denn auch von Egells und der Siegener Maschinenbau-Aktiengesellschaft mehrfach ausgeführt wurde.

Andere stehende Anordnungen, bei denen die beiden Zylinder auf säulengetragener Plattform nebeneinander aufgestellt waren und jeder durch ein Kurbelgetriebe mit der unten liegenden Schwungradwelle in Verbindung stand, wurden ebenfalls versucht. Egells führte die Maschine mit über dem Zylinder angeordneter Kurbelwelle, bei der das schwere Schwungrad sehr hoch zu liegen kam, aus.

Auch mit Vorgelege suchte man zu arbeiten, um wenigstens bei der Dampfmaschine größere Geschwindigkeiten benutzen zu können. Die großen von Flachat für das Luftpumpenwerk der atmosphärischen Eisenbahn zu Germain ausgeführten Maschinen waren liegende Zwillingsmaschinen, die mit Zahnradübersetzung zwei unter 90° versetzte Kurbeln antrieben, von denen aus die tiefer stehenden Luftpumpen mittels Kurbelgetriebe angetrieben wurden.¹⁾

Auch mit Vorgelege suchte man zu arbeiten, um wenigstens bei der Dampfmaschine größere Geschwindigkeiten benutzen zu können. Die großen von Flachat für das Luftpumpenwerk der atmosphärischen Eisenbahn zu Germain ausgeführten Maschinen waren liegende Zwillingsmaschinen, die mit Zahnradübersetzung zwei unter 90° versetzte Kurbeln antrieben, von denen aus die tiefer stehenden Luftpumpen mittels Kurbelgetriebe angetrieben wurden.¹⁾

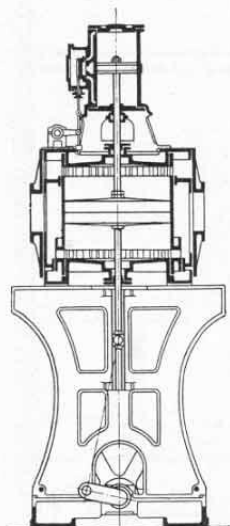


Fig. 418.

Schnellaufende Gebläsemaschine von Slate 1858.

In den 50er Jahren begann man auch die Gebläse für größere Geschwindigkeit einzurichten. Der langsame Gang der bisherigen Maschinen war vor allem durch die großen schweren Klappen der Windzylinder bedingt worden. Besonders der englische Ingenieur Archibald Slate in Rediar in Yorkshire suchte damals geeignete Konstruktionen für schnellaufende Gebläse zu schaffen. Die ersten Versuche führte er schon 1848 aus. Im Mai 1851 ließ er sich eine direktwirkende raschlaufende Gebläsemaschine mit kurzem Hub, die als Slate-Gebläsemaschine sehr bekannt wurde, patentieren. Slate war auch der erste in England, der die Gebläsemaschine für eine Gruppe Hochöfen so teilte, daß an-

¹⁾ s. Armengaud, Publ. ind., Bd. 7.

nähernd auf jeden Ofen eine Maschine kam. Er ordnete statt den für raschen Gang unbrauchbaren schweren Windklappen ein ringförmiges Gehäuse um den Zylinder an und ließ es wie einen Schieber von der Kurbelwelle aus über entsprechende Öffnungen hin- und herschieben, d. h. er ersetzte die kraftschlüssige Steuerung der Gebläsemaschine durch eine zwangsläufige.

Die ersten Maschinen in liegender Bauart mit 50 Zoll (1270 mm) weitem Gebläsezylinder und 2 Fuß 6 Zoll (0,76 m) Hub wurden 1854 erbaut. Sie arbeiteten mit 70 bis 80 Hübem in der Minute. Die Maschine hatte Erfolg, nur wurde bei den nächsten Ausführungen die stehende Anordnung der liegenden vorgezogen. Fig. 418 zeigt eine 1858 erbaute Slate-Maschine.¹⁾

Auch von der Sohoer Fabrik wurde in den 50er Jahren bereits eine schnellaufende, stehende Gebläsemaschine erbaut.²⁾ Sie waren für Ostindien bestimmt und mußten mit Rücksicht auf den schwierigen Landtransport sehr leicht sein. Einzelteile durften nicht mehr als 1 t wiegen. Die Maschinen waren bei gleicher Leistung noch nicht halb so schwer, wie die gewöhnlichen Balanciermaschinen ohne Drehbewegung. Ihrer Bauart nach glichen sie der Maudlayschen Tischmaschine. Der Gebläsezylinder stand unten, unmittelbar über ihm der Dampfzylinder, der von den beiden Kolbenstangen des Gebläsezylinders umfaßt wurde. Die Kurbelwelle lag unter den Zylindern und wurde von zwei Schubstangen angetrieben. Der Gebläsezylinder war 30 Zoll (762 mm) weit und hatte den gleichen Hub. Die Maschine machte 80 Hübem in der Minute. Die Steuerung des Gebläsezylinders geschah nach dem Slataschen Patent. Die Betriebsergebnisse dieser Maschine zeigt das Winddruckdiagramm Fig. 420 und das Dampfdiagramm Fig. 421. Zum Vergleich ist ein Winddruckdiagramm einer gewöhnlichen Balanciermaschine ohne Drehbewegung vorangesetzt, Fig. 419, es läßt die bei diesen Maschinen unvermeidlichen starken Druckschwankungen erkennen.

Von anderen englischen Konstrukteuren wurde die Slatasche Maschine auch weiterhin noch wesentlich verändert, aber auch dann klagte man über Windverluste infolge von Undichtheiten, über hohen Schmierstoffverbrauch und ein zu starkes Geräusch beim Öffnen der Eingänge.

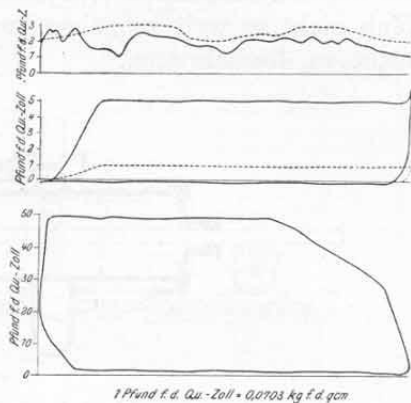


Fig. 419 bis 421.

Diagramme von Gebläsemaschinen.

¹⁾ s. Gyers, Stehende Gebläsemaschinen, Engineering 1875, Bd. 2, S. 340.

²⁾ s. Proc. Inst. Mech. Eng. 1854, S. 154.

Man ging deshalb wieder zur selbsttätigen Klappe über, die gitterartig so weit geteilt wurde, daß sie auch bei größerer Geschwindigkeit anwendbar war.¹⁾

Liegende Gebläsemaschinen.

In den 50er Jahren begann auch bei den Gebläsemaschinen der Kampf zwischen stehender und liegender Anordnung.

England und Amerika blieben zunächst ausschließlich bei den stehenden Bauarten, Frankreich und Deutschland fingen an, merklich die liegenden Maschinen zu bevorzugen.

Gewöhnlich wurden die liegenden Gebläsemaschinen mit Schwungradbewegung, vielfach als Einzelmaschine, manchmal auch als Zwillingsmaschine gebaut. Die direkte Übertragung der Kraft bot den Vorteil großer Einfachheit. Die liegende Maschine war leicht zu übersehen, bequem zu warten und die Gebäude- und Fundamentkosten waren geringer als bei den Maschinen stehender Bauart. Dagegen pflegte man mit dem Hub nicht so weit zu gehen, wie bei den stehenden Maschinen, und 2 m nicht zu überschreiten.²⁾

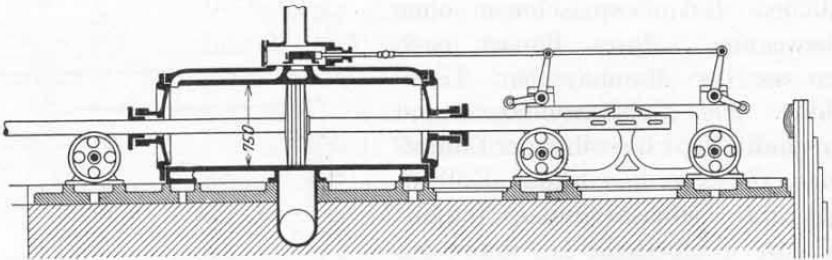


Fig. 422. Liegende Gebläsemaschine von Cadiat-Paris 1850.

Die größte Besorgnis rief die einseitige Abnutzung des Zylinders hervor. Sie wurde von der einen Seite ebenso übertrieben, als von der anderen anfangs gering geschätzt. Man suchte sie durch möglichst leichte Kolben, besonders des Gebläsekolbens, den man ganz aus Schmiedeeisen konstruierte, gering zu halten, gab den Kolbenstangen große Abmessungen und unterstützte sie außerhalb der Zylinder durch Rollbahnen oder Gleitschuhe.

Auch bei den liegenden Maschinen führte der Wunsch nach größter Einfachheit dazu, auf die Drehbewegung zu verzichten und reine Hub-

¹⁾ Auch in Frankreich suchte man liegende, zwangläufig gesteuerte Gebläsemaschinen einzuführen. So wurde in der Maschinenfabrik von Cavé unter der Leitung von Lebrun schon 1846 der Gebläsezylinder mit großen Schiebern ähnlich wie die Dampfmaschine gesteuert; s. Armengaud, Des moteurs à vapeur, Bd. 2.

²⁾ Bei einer englischen Gebläsemaschine findet sich allerdings auch ein Hub von 9 Fuß (2,74 m) ausgeführt.

maschinen anzuwenden. In Frankreich führte Cadiat in Paris 1850 derartige Maschinen bis zu 80 PS aus. Die Schieber wurden durch Anschläge von der Kolbenstange aus, wie Fig. 422 erkennen läßt, bewegt. Die Kolbenstangen wurden durch Rollen gestützt. Die Hubbegrenzung der Kolbenstange geschah durch federnde Holzbretter, die am Ende angeordnet waren. Um die Stöße der Steuerung noch nach Möglichkeit zu verhindern, waren die Rollen, die mit den Knaggen der Kolbenstange in Berührung kamen, aus Kupferblechen zusammenschraubt.¹⁾

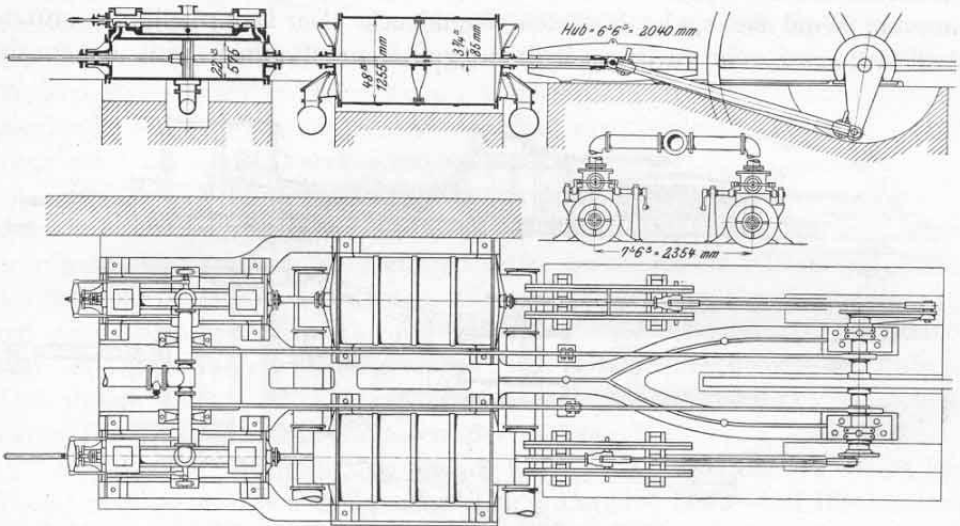


Fig. 423 bis 425. Liegende Zwillings-Gebläsemaschine von der Friedrich Wilhelmshütte Ende der 40er Jahre erbaut.

(Nach Originalzeichnung.)

Die bekannten französischen Hütteningenieure Thomas und Laurens führten jedoch wieder Kurbeltriebe mit Schwungrad ein. Vielfach ließen sie ihre Maschinen von Farcot ausführen und auch mit dessen Schleppschiebersteuerung versehen.

In Deutschland gewann die liegende Maschine, besonders in Westfalen, immer mehr an Ausbreitung. Sie waren wesentlich billiger als die stehenden Maschinen und gaben einen größeren Nutzeffekt. Die Kolbengeschwindigkeit nahm man nicht über 250 Fuß in der Minute (1,27 m/sk).

Eine der ersten in Deutschland erbauten liegenden Gebläsemaschinen veranschaulicht Fig. 423 bis 425. Es ist eine 100pferdige Zwillingsmaschine. Dampf- und Gebläsezylinder liegen zu je zweien hintereinander auf gußeisernen Platten, an die sich nach vorn ein gegabelter Rahmen, der die Schwungradlager aufzunehmen hat, anschließt. Die viergleisigen Geradfürungen hängen nur durch das Fundament mit der Maschine zusammen.

¹⁾ s. Armengaud, Publ. ind., Bd. 8, S. 323, Taf. 16.

Der Dampfverteilung dienen auf dem Rücken der Zylinder angeordnete, geteilte Muschelschieber, die von Exzentrern angetrieben werden. Die Maschine stammt aus einer Zeit, in der die schlimmsten Betriebserfahrungen immer von neuem auf die viel zu geringen Abmessungen der Maschinenteile aufmerksam machten.

Besonders bekannt wurden die liegenden Gebläsemaschinen der Siegener Maschinenbau-A.-G., die Mitte der 50er Jahre ihre erste liegende Gebläsemaschine ausführte. Die ersten Maschinen hatten 392 mm Zylinderdurchmesser, 785 mm Hub, 1100 mm Windzylinder und lieferten rund 40 cbm Wind bei 0,2 kg höchstem Winddruck. Der Dampfzylinder stützte sich auf zwei sehr niedrig gehaltene gußeiserne Rahmen, mit denen die

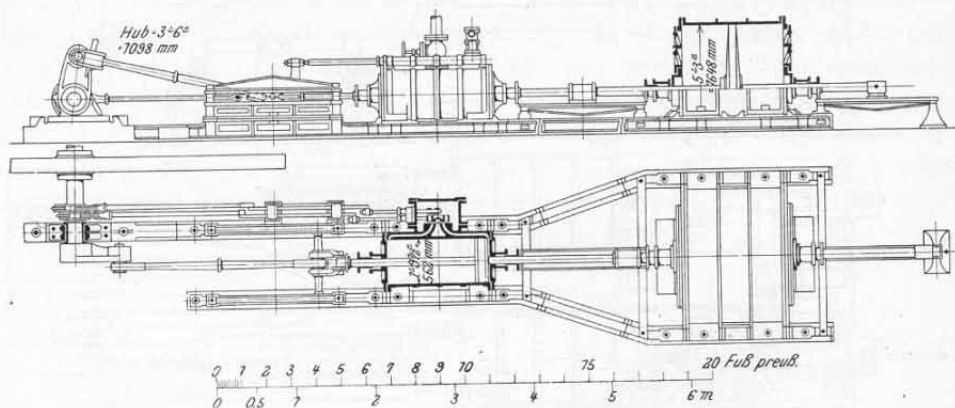


Fig. 426 und 427. Liegende Gebläsemaschine, von der Siegener Maschinenbau-A.-G. um 1850 erbaut.

(Nach Originalzeichnung.)

Schwungradlager und die untere Gleitführungsschiene zusammengelassen waren. Der Windzylinder war für sich gesondert aufgestellt. Zwei schmiedeeiserne Verbindungsstangen, die zugleich als Kolbenführungsstangen dienten, bildeten den einzigen Zusammenhang zwischen den beiden Zylindern. Die nächsten Ausführungen Fig. 426 u. 427 zeigen bereits ganz aufliegenden gußeisernen kräftigen Rahmen, der sich entsprechend dem größeren Durchmesser des Windzylinders hinten erweiterte. Später wurde auch die gerade Form der Übergangsstücke zugunsten gefälligerer Formgebung verlassen. Um den schädlichen Raum kleiner zu halten, sind mit Hilfe einseitig angebrachter Führungsschienen die Schieber nahe an den Zylinder gerückt. Im allgemeinen erhielt sich die Form auch bei anderen Firmen. Kennzeichnend für die weitere Entwicklung ist besonders auch eine wesentlich kräftigere Ausgestaltung der einzelnen Teile, die anfangs auch hier für eine Gebläsemaschine viel zu schwach gewählt wurden.

V.

Die Walzenzugmaschine.

Das Walzverfahren, das schon im 17. Jahrhundert für Messing und weichere Metalle wohl ab und zu im kleineren Maßstabe zum Glätten und Ausgleichen, weniger zum Strecken benutzt wurde, gewann erst Ende des 18. Jahrhunderts größere Bedeutung. Das erste Blechwalzwerk erhielt England bereits 1728. Der Engländer H. Cort ließ sich 1782 Einrichtungen schützen, mit dem es ihm zuerst gelang, Luppeneisen unter gefurchten Walzen zu verarbeiten. Die weitere Entwicklung vollzog sich ebenfalls in England. John Wilkinson, der berühmte Eisenhütteningenieur, ließ sich 1792 ein Umkehr-Walzwerk schützen.

Auch in Deutschland und Frankreich fand das Walzverfahren am Ende des 18. Jahrhunderts mehr und mehr Eingang. Das erste Blechwalzwerk wurde in Deutschland zu Neuwied 1780 betrieben, in Österreich 1793. Hammerbleche begannen erst von 1830 ab gänzlich zu verschwinden.

Ganz besonderen Aufschwung nahm das Walzverfahren aber erst, seitdem es Birkinshaw 1820 gelungen war, Eisenbahnschienen zu walzen. Der riesige Bedarf an Schienen ließ immer neue Walzwerke entstehen, deren Kraftbedarf anfangs Wasserräder deckten.¹⁾

Die normale Kraftleistung solcher Anlagen lag zwischen 10 bis 15 PS. Damit war es natürlich nicht möglich, die Luppen, Stab- und Blechwalzen eines Werkes gleichzeitig zu betreiben. Das wurde erst möglich, als auch zum Antrieb der Walzenstraßen Dampfmaschinen verwendet wurden.

Man kam dann bald auch auf diesem Gebiete zu größeren Maschinenleistungen von 100 bis 150 PS. Die Entwicklung ist auch hier wieder durch immer weiteres Anpassen der Dampfmaschine an die besonderen Betriebserfordernisse gekennzeichnet. Die Betriebssicherheit stand hier in erster Linie. Die Abmessungen der Walzenzugmaschinen mußten wesentlich größer ausfallen als die der langsamlaufenden Betriebsmaschine.

Die ersten Walzenzugmaschinen waren normale Balanciermaschinen, die mit entsprechendem Zahnradvorgelege auf die Walzenstraßen arbeiteten. Die Dampfmaschinen, mit denen die ersten stets in der gleichen Richtung umlaufenden Zweiwalzenstühle und dann später die Blechwalzwerke mit drei übereinander angeordneten Walzen angetrieben wurden, unterschieden sich höchstens durch ihre kräftigeren Einzelteile von der Betriebsmaschine.

Wollte man Umkehrwalzwerke betreiben, so konnte man die Umkehr der Drehrichtung durch ein Wendegetriebe, das mit passenden Kuppelungen zu versehen war, erreichen oder man mußte die Maschine umsteuerbar einrichten.

¹⁾ s. Beck, Gesch. d. Eisens, Bd. 3.

Die Hauptschwierigkeit lag darin, die drehenden Massen schnell genug in der entgegengesetzten Richtung umlaufen zu lassen. Bei einer Kupplung war ein Stoß kaum zu vermeiden; die Umsteuermaschine aber mußte wesentlich stärker als die normale Zwillingsmaschine ausgeführt werden. Als Kupplungen wurden Klauen- und Reibungskupplungen angewendet.

Die Walzwerke mit Umsteuerung baute man den Fördermaschinen nach; es kam darauf an, um schnell steuern zu können, die sich drehenden Massen möglichst klein zu erhalten. Das sonst als Kraftausgleicher gerade beim Walzwerkbetrieb bedeutsame Schwungrad fiel weg.

Die Umkehrmaschinen wurden ebenfalls mit Rücksicht auf leichte Umsteuerbarkeit als Zwillingsmaschine mit unter 90° versetzten Kurbeln ausgeführt.

Zur Umsteuerung benutzte man vor allem Stephenson'sche und Gooch'sche Kulissen. Expansion wurde zunächst nur in sehr beschränktem Maße angewendet; der Füllungsgrad war stets größer als $\frac{1}{2}$.

Die Nachteile der Umkehrmaschine, die besonders in größeren Anlagekosten und höherem Dampfverbrauch gegenüber den Maschinen mit gleicher Drehrichtung bestanden, ließ noch in den 70er Jahren die Hoffnung aufkommen, die damals vielfach ausgeführten Umkehrmaschinen würden durch die verbesserten Reversierkupplungen sich teilweise wieder verdrängen lassen.

Auf Dampfersparnis legte man lange Zeit wenig Wert, weil zur Dampferzeugung die Heizgase der Hüttenbetriebe mehr als ausreichten.

Grundsatz für die Walzenzugmaschine war, durch größte Einfachheit der Ausführung größte Betriebssicherheit zu gewährleisten.

Die Balanziermaschine wurde bald durch liegende Maschinen ersetzt, neben denen direktwirkende, stehende Maschinen, z. B. Borsigs Turmmaschine, ihr Feld behaupteten.

Beispiele für Walzenzugmaschinen hier anführen, hieße das bei den Betriebsmaschinen gesagte zum größten Teil wiederholen. Die besonders bemerkenswerte Entwicklung der Walzenzugmaschine gehört der neueren Zeit an und beginnt mit den 70er Jahren; sie wird im nächsten Teil ausführlich zu schildern sein.

VI.

Der Dampfhammer.

Von Wasserrädern betriebene Stielhämmer gehörten zu den seit langem bekannten, vielfach angewendeten Hilfsmaschinen des Eisen- und Hüttenwesens. Als der Eisenbedarf nach Einführung der Dampfmaschine sich immer mehr hob, lag es nahe, die Dampfkraft auf diesen Industriezweig anzuwenden. 1784 wurde das erstmal Eisen durch Dampf geschmiedet.

Der erste Dampfhammer stammt von Watt, der bereits in seinem Patent vom 28. April 1784 auch die allgemeinen Grundsätze für den Bau von Dampfhammern klar ausgedrückt hatte. Es heißt darin:

„My Fifth New Improvement consists in applying the power of steam or fire engines to the moving of heavy hammers or stampers, for forging or stamping iron, copper, and other metals or matters, without the intervention of rotative motion or wheels, by fixing the hammer or stamper, to be so worked, either directly to the piston or piston rod of the engine, or upon or to the working beam of the engine or by fixing the hammer or stamper upon a secondary lever or helve, and connecting the said lever or helve by means of a strap, or of a strong rod, to or with the working beam of the engine, or to or with its piston or piston rod.“

Der Grundgedanke zum heutigen Dampfhammer, bei dem stets der Hammer mit dem Kolben bzw. der Kolbenstange unmittelbar verbunden

ist, steht also auch hier an erster Stelle. Zur Ausführung kam es allerdings nicht. Die ersten Watt'schen Dampfhammer waren, wie Fig. 428 zeigt, Stielhämmer, bei denen die Dampfmaschine mit Balancier in hergebrachter Form verwendet werden konnte. Bald aber reichte ihre Leistungsfähigkeit für die sich steigernden Anforderungen nicht mehr aus; die Not zwang zu wirksameren Konstruktionen, bei denen mit einfachsten Mitteln die größte Wirkung sich erzielen ließ. Die Lösung brachte der direktwirkende Dampfhammer, bei dem Kraft- und Arbeitsmaschine die denkbar innigste Verbindung eingegangen waren.

Über dem Ambos unmittelbar erhob sich der Zylinder; das Ende der Kolbenstange trug den Hammerbär, durch den Dampfdruck gehoben, durch sein eigenes Gewicht niederfallend, konnte er sich so zu größter Leistungsfähigkeit entwickeln.

Schon 1806 ließ sich William Deverell in London einen Dampfhammer schützen (Pat. Nr. 2939), der den gleichen Grundgedanken enthielt. Bemerkenswert ist, daß Deverell über dem Dampfkolben eine Art Windkessel anbringen wollte; die gepreßte Luft sollte den Abwärtsgang des Kolbens beschleunigen und die Wirkung verstärken. Von einer Ausführung dieser Idee wird nichts berichtet.¹⁾

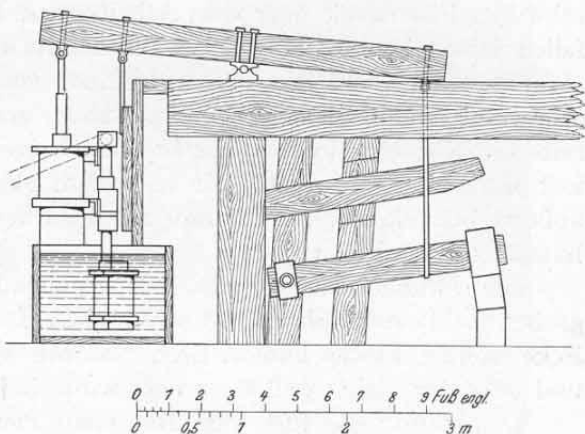


Fig. 428. Watts Dampfhammer 1784.
(Patentzeichnung.)

¹⁾ s. Armengaud, Publ. ind., Bd. IV, 1853, S. 372.

Die endgültige Lösung brachte erst der große englische Ingenieur James Nasmyth. Selten hat sich wohl aktenmäßig so genau der interessante Zusammenhang zwischen der durch das dringende praktische Bedürfnis gestellten Aufgabe und ihrer sofort erfolgten genialen Lösung so klar nachweisen lassen, wie in diesem Falle.¹⁾

Nasmyth selbst erzählt, wie er am 24. November 1839 einen Brief von Humphries, dem Ingenieur der Großbritannienischen Dampfschiffgesellschaft, erhalten habe, des Inhalts, daß keine Firma im ganzen Königreiche die Radwelle eines neuen Dampfers zu schmieden vermöge und er deshalb schließlich wohl versuchen müsse, sie aus Gußeisen herzustellen. Nasmyth kam, nachdem er in der Konstruktion der bisher verwandten Stielhämmer die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit gefunden hatte, zur Feststellung der Aufgabe. Die einzige Hilfe sah er in einer Konstruktion, mit der man einen schweren Eisenblock über dem Arbeitsstück hoch heben und dann niederfallen lassen konnte, ähnlich wie es bereits bei den Rammmaschinen, Metallstanzmaschinen und den Prägemaschinen geschah. Die Ideen folgten sich sehr rasch und nach einer halben Stunde, erzählt Nasmyth, stand ihm bereits die Konstruktion so klar in allen Einzelheiten vor Augen, daß er sofort daran gehen konnte, sie in seinem Skizzenbuch festzuhalten. Diese äußerst bemerkenswerte Urkunde aus der Entstehungsgeschichte des Dampfhammers zeigt Fig. 429.

Die Skizzen zeigen alle kennzeichnenden Eigenschaften der in so großer Zahl ausgeführten Nasmythschen Dampfhammer. Rechts in der Ecke stehen kleine humoristisch gefärbte Skizzen der alten Stielhämmer und darunter steht: „all over now with sitch a monster.“

Damit war die Idee zum Dampfhammer in Zeichnungen bereits festgelegt, aber die Ausführung verzögerte sich noch jahrelang, weil das Bedürfnis nach so großen Schmiedestücken, wie die Radwellen der großen Dampfer sie erforderten zunächst nicht mehr dringend war, da man begonnen hatte, die großen Schiffe mit Schrauben auszurüsten, die anfänglich wesentlich kleinere Schmiedestücke zu ihren Wellen erforderten. Auch war die geschäftliche Lage damals sehr schlecht; so gelang es Nasmyth nicht, seine Geschäftsteilhaber zur Ausführung seines Dampfhammers zu bewegen. Frankreich kam England zuvor, allerdings läßt sich nach Nasmyths Berichten diese erste Ausführung auf die Nasmythsche Skizze zurückführen.

1840 hatte der französische Industrielle Schneider aus Creuzot mit seinem Konstrukteur Bourdon England besucht, um sich über die Anfertigung großer Schmiedestücke für Schiffsmaschinen zu unterrichten. Sie besuchten auch die Nasmythsche Firma in Patricroft, wo ihnen in der Abwesenheit Nasmyths der Geschäftsteilhaber Caskell nicht nur die Werk-

¹⁾ Über die Erfindung des Dampfhammers handelt auch ausführlich: Z. d. V. d. Ing., 1863, S. 203; hier ist auch ein Brief Nasmyths vom 22. Aug. 1862 abgedruckt. Über Nasmyth selbst s. S. 133.



James Nasmyth

geb. 19. Aug. 1808, gest. 1890

stätte, sondern auch Nasmyths Dampfhammerskizzen zeigte und Bourdon genaue Angaben daraus entnehmen ließ. Nach Frankreich zurückgekehrt, wurde sogleich mit der Ausführung eines Dampfhammers begonnen, der

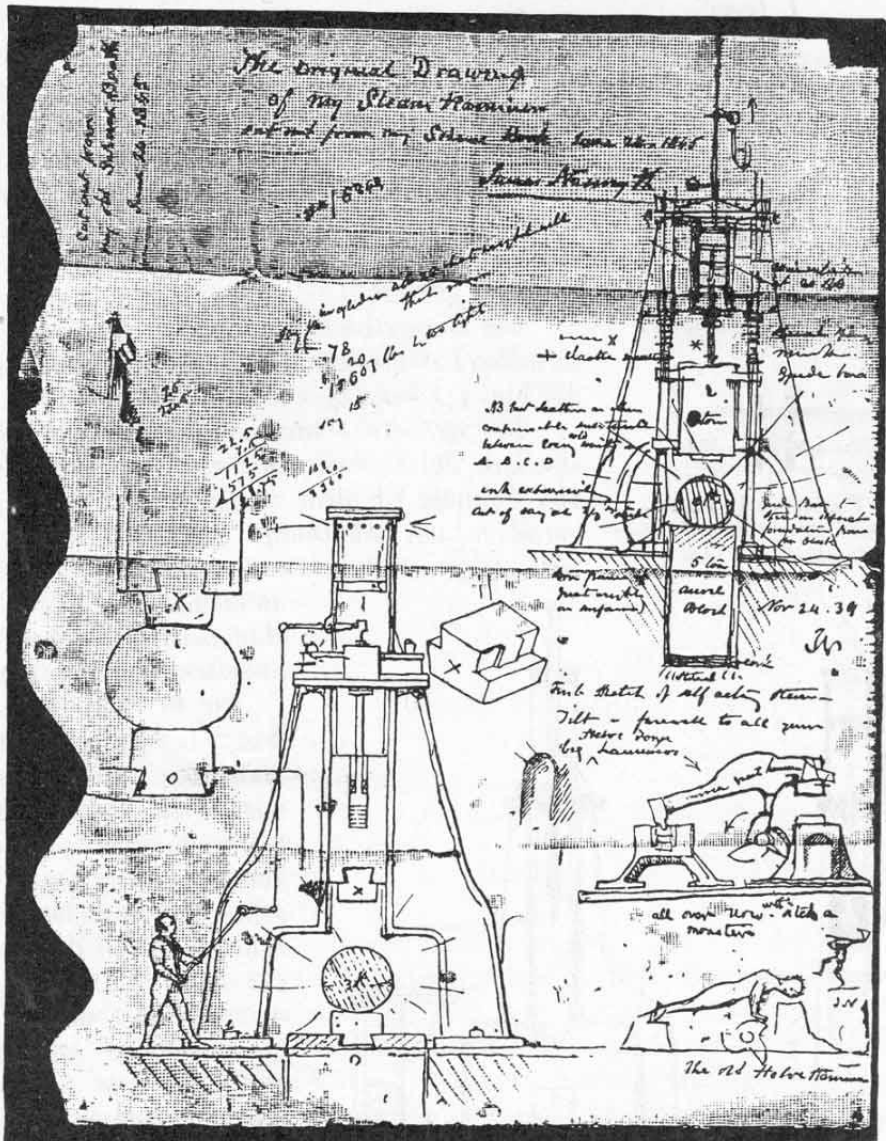


Fig. 429. Originalskizze zu dem Dampfhammer von James Nasmyth.

(Nach Engineer 1890, Bd. I.)

bald die verlangten Schmiedestücke zur größten Zufriedenheit herzustellen gestattete. Als Nasmyth 1842 die Werkstätten von Schneider in Creuzot besuchte, und sich über die tadellose Ausführung sehr schwieriger Schmiedestücke verwunderte, konnte ihn Bourdon vor seinen eigenen Dampfhammer

führen. Nach England zurückgekehrt, nahm Nasmyth sofort ein Patent auf den Dampfhammer in England (9. Juni 1842, Nr. 9382), nachdem für Frankreich Schneider in Creuzot kurz vorher ein französisches Patent erhalten hatte.

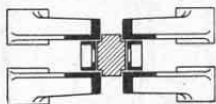
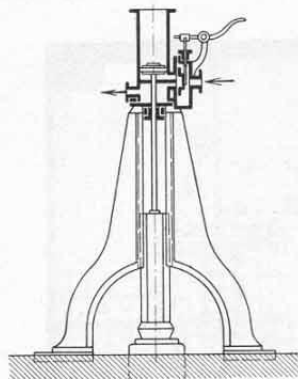


Fig. 430 und 431.
Dampfhammer von Schneider-Bourdon um 1845.

Einen der ersten Schneider-Bourdonschen Dampfhammer zeigt Fig. 430. Der Dampfhammer ist einfachwirkend; durch den Dampf wird der Hammerbär gehoben, durch sein Gewicht fällt er auf das zu bearbeitende Schmiedestück. Die Dampfverteilung geschieht von der Hand durch einen einfachen Muschelschieber. Das Gestell ist vierteilig, zwischen den Gestellwangen wird der Hammer geführt.¹⁾

Die Nasmythschen ersten Anordnungen, wie sie in den Patenturkunden niedergelegt sind, zeigen die Fig. 432 bis 435.

Der größere Hammer wird von der Hand ebenfalls durch einen Muschelschieber gesteuert. Der Zylinder ist oben am Rande mit Öffnungen versehen, um den Dampf, falls der Kolben soweit steigen sollte, schnellen Austritt zu geben, und damit Anschlagen des Hammerbärs an den Zylinderboden zu verhüten.

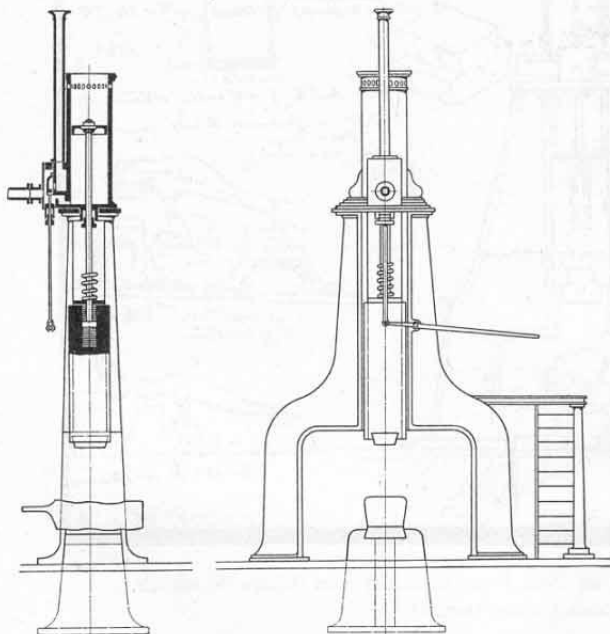


Fig. 432 und 433. Nasmyth-Dampfhammer 1842.

Der Zylinder ist oben am Rande mit Öffnungen versehen, um den Dampf, falls der Kolben soweit steigen sollte, schnellen Austritt zu geben, und damit Anschlagen des Hammerbärs an den Zylinderboden zu verhüten.

Die Fig. 434 und 435 zeigen bereits selbsttätige Steuerung. Ein am Hammerbär sitzender Anschlag bewegt durch entsprechend auf der Steuerstange angebrachte Anschläge den Schieber. Von der Hand aus kann die Entfernung der Anschläge und damit die Hubhöhe verändert werden. Eine von der Hand bewegliche Drosselklappe dient zur Regulierung.²⁾

Spätere Anordnungen zeigen die alle selbsttätigen

¹⁾ s. Rühlmann, Mitteilungen des Gewerbevereins Hannover, 1863, S. 239.

²⁾ s. Engineer, 1890, Bd. I, S. 406.

Steuerungen kennzeichnende Anordnung Fig. 436. Über dem Muschelschieber wurde ein kleiner Steuerzylinder angebracht, auf dessen Kolben ständig der Dampf drückte. Sobald die äußere Steuerung es zuließ, wurde hierdurch der Schieber abwärts gedrückt, der Dampf konnte sodann unter den Dampfkolben treten und den Hammer heben. Kurz vor seiner obersten Lage wurde durch den Anschlag vom Hammerbär aus Muschelschieber und Steuerkolben gehoben und durch eine Klinkenvorrichtung so lange in dieser obersten Stellung, die zugleich den Dämpfen unter dem Arbeitskolben den Austritt gestattet, festgehalten bis der Hammerbär das Schmiedestück getroffen hatte; jetzt

wurde umgesteuert, d. h. die Festhaltklinke gelöst. Hierzu wurde ein exzentrisch am Hammerbär gelagerter Hebel benutzt, der beim Aufschlagen sich nach dem Beharrungsgesetz weiter bewegte, mit seinen Enden gegen eine Schiene stieß und dadurch die Auslösung bewirkte. Zwei neben dem Gestell angeordnete Schraubenspindeln ermöglichten es mit Hilfe zweier Kegelräder zwei am Drehen verhinderte Schraubmuttern, mit denen der Steuerhebel verbunden war, so zu verschieben, daß von Hand aus jede beliebige Hubhöhe eingestellt werden konnte.

In Frankreich wurde die Ausführungsform von Cavé¹⁾, wie sie die Fig. 437 bis 439 erkennen lassen, besonders bekannt. Der Hammerbär ist hier, um gute Führung zu erhalten, sehr lang ausgeführt. Zur Dampfverteilung dient ein entlasteter Muschelschieber, der von der Hand verstellt wird.²⁾

Fast zur gleichen Zeit wie Nasmyth führte Dorning, der Direktor des Marien-Hüttenwerkes bei Zwickau, einen Dampfhammer aus, wobei allerdings zugegeben wird, daß auch diesem Dampfhammer die Skizze von Nasmyth zugrunde gelegen habe. 1841 hatte Dorning den Anschlag zum

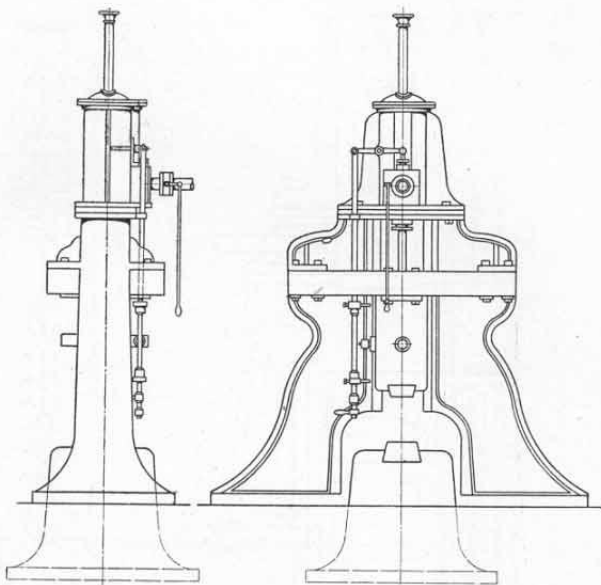


Fig. 434 und 435. Nasmyth-Dampfhammer 1842.

¹⁾ Schon 1833 hatte Cavé, ohne von dem Deverellschen Patent zu wissen, ebenfalls die Idee zu einem direktwirkenden Dampfhammer festgelegt, sie aber nicht an einem Dampfhammer, sondern an einer Schneid- und Lochmaschine für Kesselbleche ausgeführt.

²⁾ s. Dinglers polyt. Journal, 1848, Bd. 110.

Hammer der Hüttendirektion vorgelegt und am 13. Januar 1843 kam dieser erste Dampfhammer Deutschlands in Betrieb.

In Wien erbaute 1844 Wurm einen Nasmythschen Hammer mit vereinfachter Selbststeuerung; um die gleiche Zeit begann sich Borsig in Berlin erfolgreich mit der Konstruktion der Dampfhammer zu beschäftigen.

Die dem Nasmythschen Dampfhammer nachgesagten Übelstände führten zu einer Anzahl anderer Konstruktionen. So tadelte man die große Reibung in den Seitenführungen des Hammers, die vielfach bei einem einseitigen Aufsetzen des Hammers zerbrachen. Da sie mit dem Gestell aus einem

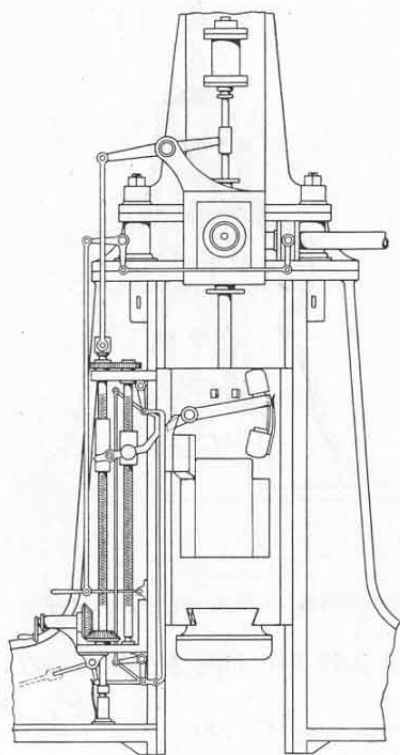


Fig. 436.

Steuerung zum Dampfhammer.

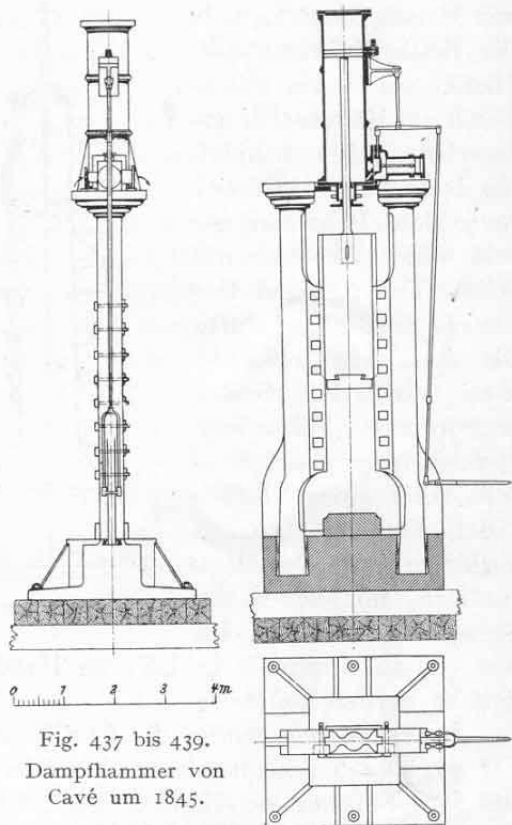


Fig. 437 bis 439.
Dampfhammer von
Cavé um 1845.

Stück waren, so erforderte dies kostspielige Reparaturen oder Ersatz der großen Gestellteile. Auch die Verbindung der Kolbenstange mit dem Hammerbär sowie die Dichtung der Stopfbüchse machte im Betriebe sehr viel zu schaffen.

Die erste und kühnste Änderung des Nasmythschen Dampfhammers rührte von Condie in Glasgow (Patent 15. Okt. 1846) her, der den Kolben feststellte und den Dampfzylinder, mit dessen Boden er unmittelbar den Hammerklotz verband, durch den Dampfdruck heben und dies große Gewicht niederfallen ließ. Die Anordnung zeigen die Fig. 440 bis 442.

Der Dampf tritt oben durch einen gewöhnlichen Muschelschieber in die hohle Kolbenstange ein, strömt am unteren Ende derselben durch seitlich angebrachte Schlitze in den Zylinder und hebt diesen. Kurz bevor die Hubhöhe erreicht ist, wird der Dampf auf dem gleichen Wege durch die Kolbenstange abgeleitet. Als Vorteil des Hammers sah man seine geringere Bauhöhe und die Ausnutzung des großen Zylindergewichtes als Hammer-

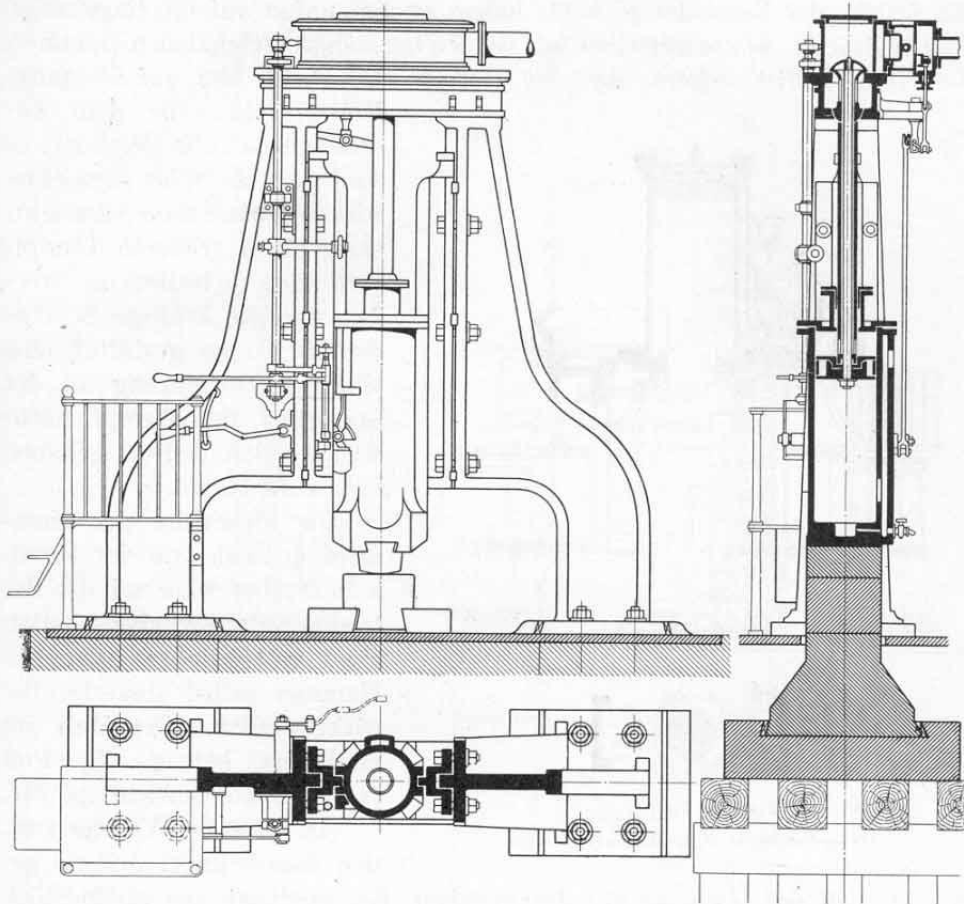


Fig. 440 bis 442. Dampfhammer von Condie um 1850.

(Nach Prechtl, Techn. Encycl. 1859.)

gewicht an. Andererseits warf man der Konstruktion vor, daß der kostspielige Dampfzylinder hier mehr als bei irgend einer anderen Konstruktion der Zerstörung ausgesetzt sei.¹⁾

Zuerst fand der Condie-Hammer, besonders in England, sehr günstige Aufnahme, bald aber trat er wieder zugunsten des Nasmythschen Hammers zurück.

¹⁾ s. Zeichnungen für die Hütte, Jahrgang 1855 und Supplement zu Prechtls Techn. Encycl., Bd. 2, S. 700, ferner Z. d. V. d. Ing., Bd. 4, 1860 und Dinglers polyt. Journal 1857, Bd. 145, S. 99.

Sehr bemerkenswert war ferner der Dampfhammer von R. Daelen, der merkwürdigerweise damals in Deutschland wenig Anklang fand. Erst einige eingehende Aufsätze in den ersten technischen Zeitschriften¹⁾ haben den Wert der Erfindung gewürdigt und weitere Kreise auf den neuen Hammer aufmerksam gemacht. Fig. 443 zeigt den Hammer nach der Originalzeichnung vom Februar 1852.²⁾ Das wesentlichste ist die zweifache Dampf-
wirkung; der Kolben bildet mit der sehr stark ausgeführten Kolbenstange ein Stück; der Kesseldampf hebt, indem er von unten auf die ringförmige Fläche drückt, den unmittelbar mit der Kolbenstange verbundenen Hammer. Der Dampf tritt sodann über den Kolben und wirkt hier auf die ganze

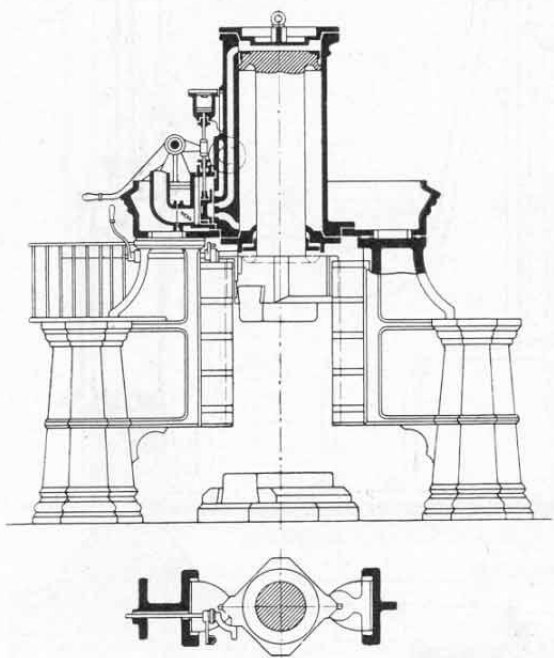


Fig. 443 und 444.
Dampfhammer von R. Daelen 1852.

kolbenfläche, die dem Zylinderquerschnitt gleich ist; es wird also die reine Gewichtswirkung wesentlich verstärkt, ohne einen größeren Dampfverbrauch zu bedingen. Werden weniger kräftige Schläge gewünscht, so gestattet eine einfache Vorrichtung an der Steuerung, den Dampf, nachdem er den Kolben gehoben hat, auszublasen.

Die Steuerung des Hammers geschah von der Hand, konnte aber während des Betriebes unter Zwischenschalten eines Hilfszylinders, den der Hammer selbst steuerte, bewirkt werden. Der Hub des Hammers betrug $4\frac{1}{2}$ Fuß (1,37 m), sein Gewicht 100 Ztr.

Als besondere Vorteile wurden vom Erfinder geltend gemacht,

¹⁾ s. Malmedie, Z. d. V. d. Ing., 1858, S. 119 u. 187 und Knop und Grashof, Z. d. V. d. Ing., Bd. 4, 1860.

²⁾ s. Rühlmann, Mitteilg. d. Gewerbever. für das Königreich Hannover, 1863, Seite 243.

schaftliche Verwendung der aus dem Puddelbetriebe entnommenen Wärmemengen, wert zu legen begann.

Auf der Pariser Ausstellung 1855 fand der Daelen-Hammer, allerdings unter dem Namen der Egellsschen Maschinenfabrik in Berlin, die ihn ausführte, große Beachtung. Die Steuerung des Hammers wurde später wesentlich vereinfacht; man wendete fast ausschließlich den von Wilson eingeführten entlasteten Drehschieber an.

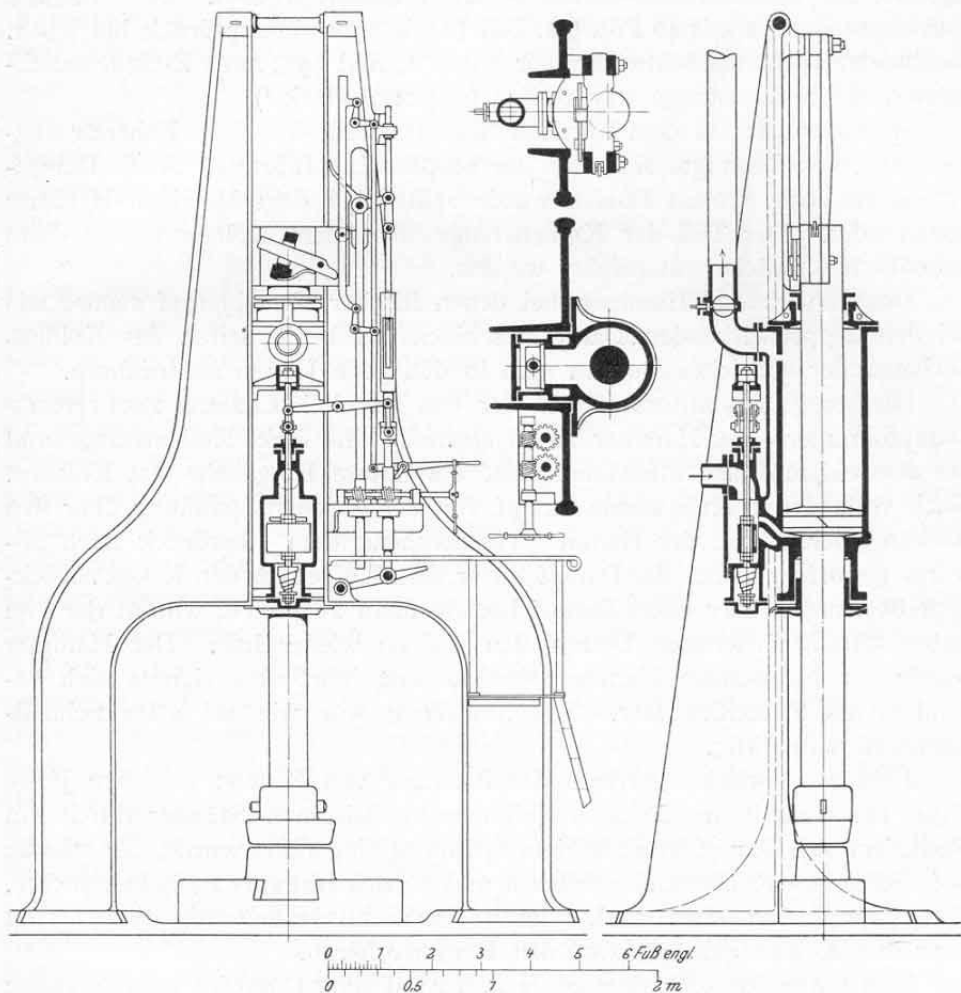


Fig. 445 bis 448. Dampfhammer von Morrison 1855.

(Nach Proc. Inst. of Mech. Eng. 1855.)

1854 führte der Ingenieur Robert Morrison in Newcastle einen neuen Dampfhammer aus, mit dem er die Übelstände des Nasmythschen Hammers, vor allem die häufigen Brüche der Führung und der Kolbenstangenverbindung beseitigen wollte, Fig. 445 bis 448.¹⁾ Ebenso wie Daelen wandte Morrison

eine verstärkte Kolbenstange an, die den Hammerbär in seiner Gewichtswirkung wesentlich unterstützte, so daß er als einfache Verstärkung der Kolbenstange ausgeführt werden konnte. Die Kolbenstange wurde nach oben durchgeführt, der Kolben also in zwei Stopfbüchsen geführt; außerdem gab Morrison dem oberen Stangenende eine besondere Gleitführung, die unteren besonderen Führungen des Hammers fielen vollkommen weg, und der Raum konnte für das Handhaben der Schmiedestücke besser ausgenützt, der Hammer selbst auch niedriger gebaut werden. Der Hammer wurde gewöhnlich mit 40 Pfd./Qu.-Zoll (2,8 kg/qcm) Dampfdruck betrieben. Der in Fig. 445 dargestellte Hammer hatte 19 Zoll (483 mm) Zylinderdurchmesser, die Kolbenstange war 10 Zoll (254 mm) stark.¹⁾

Später wurde bei dem Morrison-Hammer wohl die obere Führung weggelassen; man begnügte sich mit der Stopfbüchsenführung. Auch Dampfverteilung nach System Daelen wurde später bei dem Morrison-Hammer angewendet. Der Teil der Kolbenstange über dem Kolben mußte dann wesentlich schwächer ausgeführt werden.

Doppeltwirkende Hämmer, bei denen frischer Kesseldampf ebenso wie bei den doppelwirkenden Dampfmaschinen auf beide Seiten des Kolbens nacheinander einwirkte, begann man in den 50er Jahren auszuführen.

Hierher gehört unter anderem der von Türck in Chartres 1854 erbaute Dampfhammer. Der Hammer besaß ebenfalls eine dicke Kolbenstange und der Kesseldampf drückte ständig auf die untere Ringfläche des Kolbens. Nach vollendetem Hub wurde Dampf von der gleichen Spannung über den Kolben geleitet und der Hammer entsprechend dem Überdruck nach abwärts geworfen, wobei der Dampf unter dem Kolben in den Kessel zurückgepreßt wurde. Der obere Dampf konnte dann auspuffen, worauf der von unten ständig drückende Dampf den Kolben wieder hob. Der Hammer wurde nur für geringe Hammergewichte ausgeführt und eignete sich besonders als Schnellhammer. Die Steuerung war wie bei allen Schnellhämmern selbsttätig.

Ebenfalls Aufsehen erregte der Hammer von Farcot aus dem Jahre 1854, bei dem in die hohl ausgeführten gußeisernen Ständer durch ein Reduzierventil Dampf von niedriger Spannung eingeführt wurde, der ständig auf die untere Kolbenfläche drückte und so den Hammer zu heben suchte. Kesseldampf von etwa 5 at., durch eine Schiebersteuerung abwechselnd über den Kolben geleitet, warf den Hammer herab.

Den ersten doppelwirkenden Hammer mit einer Dampfverteilung, genau wie bei den doppelwirkenden Dampfmaschinen, führte Naylor 1857 aus. Fig. 449 zeigt die Anordnung des Hammers, die von der Nasmythschen

¹⁾ Morrison veröffentlichte diese Konstruktion zuerst in Proc. Inst. Mech. Eng., 1855, S. 8, Tafel 1 bis 3. Bei der Gesamtansicht ist zu bemerken, daß einige Teile, die in der wirklichen Ausführung auf der anderen Gestellseite lagen, um sichtbar zu sein, mit auf der vorderen Seite angegeben wurden.

nur insofern abweicht, als auch hier eine wesentlich verstärkte Kolbenstange Dampfkolben und Hammerbär miteinander verbindet. Die selbstwirkende Steuerung ist hier vereinfacht. Zwei am Hammerblock befestigte Rollen wirken auf am Maschinengestell befindliche Keile so ein, daß mit Winkelhebeln und Stangen die beiden Aus- und Einlaßventile am Dampfzylinder bewegt werden. Die Höhenlage der Keile kann von Hand bequem verstellt und damit die Hubhöhe des Hammers verändert werden.¹⁾

Auch Dampfhammer mit zwei Zylindern sind in den 50er Jahren zuerst in Frankreich von Voisin ausgeführt worden. Das Gerüst bestand aus zwei hohlen Ständern, mit denen die beiden Dampfzylinder verschraubt waren. Die Kolbenstangen trugen in der Mitte ihres gemeinschaftlichen Querhauptes die drehbar angeordnete Hammerstange. Durch beide Dampfkolben wurde der Hammer zugleich gehoben und fiel gemeinschaftlich mit ihnen nieder. Die bewegliche Verbindung der Kolbenstangen war notwendig, um ein Ecken bei ungleicher Beschleunigung zu vermeiden. Nur für schwere Hämmer war die Anordnung gedacht; der Vorteil sollte vor allem darin liegen, daß die Höhe des Gerüsts vermindert, der Schwerpunkt tiefgelegt und die hängende Stopfbüchse vermieden wurde. Weitere Verbreitung fanden sie nicht.²⁾

Unter den zur Bearbeitung kleinerer möglichst gleichbleibender Arbeitsstücke verwendeten Schnellhämmern fand besonders auch die Konstruktion von Schwarzkopff in Berlin große Beachtung.³⁾

In den 60er Jahren fanden liegende Dampfhammer, besonders in England durch Ramsbottom eingeführt, zeitweise größere Verbreitung. Die Hämmer bestanden aus zwei wagerechten gegeneinander sich bewegenden Hammerblöcken, die entweder unmittelbar von zwei hinter ihnen angeordneten Dampfzylindern oder gemeinschaftlich von einem darunter stehenden Dampfzylinder mittels Schubstangen bewegt wurden. Die Hammerklötze liefen mit Rollen auf Stahlschienen; die Schmiedestücke, ebenfalls von Rollwagen getragen, wurden dazwischen geschoben.

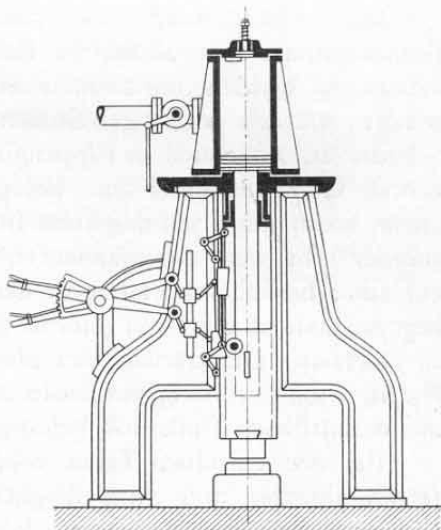


Fig. 449.

Dampfhammer von Naylor 1857.

¹⁾ s. Proc. of Birmingham Inst. Mech. Eng., 1857, S. 233.

²⁾ s. Z. d. V. d. Ing., Bd. 4, Heft 1 u. 2.

³⁾ s. Engineering, 28. Nov. 1862.

Man ersparte so die kostspieligen großen Ständer, das teure Fundament, Amboß und Chabotte. Die Hämmer arbeiteten mit kurzem Hub und gingen sehr schnell. Die Schlacken, die zwischen den Ständern frei nach unten fallen konnten, verunreinigten weniger die Arbeitsstücke, der Arbeitsraum war weniger durch den Hammer selbst beschränkt.

Die Londoner Ausstellung 1862 zeigte durch die große Anzahl ausgestellter Dampfhammer, welche weite Verbreitung und vielseitige Anwendung auch auf diesem Gebiete die Dampfkraft sich erworben hatte.

Ausführungen. Steuerung. Abmessungen. Dampfhamme.

Die fortschreitende konstruktive Entwicklung beeinflusste bei dem Dampfhammer vor allem die Bauart des Gestelles. Je größer die Abmessungen wurden, um so mehr Sorgfalt mußte auf eine Bauart verwendet werden, die den gewaltigen Stößen standhalten konnte. Zuerst wurden die Ständer ausschließlich in Rippenguß ausgeführt; Farcot führte in den 50er Jahren Hohlgußständer ein. Bei ganz großen Ausführungen kam man vor allem, wenn man, um möglichst freien Arbeitsraum zu haben, die Hammerständer sehr weit auseinander rücken muß, zu einer Säulenordnung, die auf einer besonderen Plattform den Dampfzylinder trug. Bei dieser Bauart begann man in den 50er Jahren bereits das Gußeisen durch Schmiedeeisen zu ersetzen. Die Gerüste der kleineren Schnellhämmer konnte man ohne Nachteil auch vorhängend ausführen und mit dem Amboß auf einem gemeinschaftlichen Gußstück befestigen.

Bei den einzelnen Teilen mußte besonders auf gute Ausführung des Hammerklotzes und seine möglichst betriebssichere Verbindung mit der Kolbenstange gesehen werden. Wo es möglich war, suchte man die Kolbenstange mit dem Hammerbär aus einem Stück herzustellen. Bei den Hammerkonstruktionen mit dünner Kolbenstange verstärkte man nach unten die Kolbenstange in Form eines zylindrischen Ansatzes oder eines Doppelkonus, brachte federnde Unterlagen oder eine Schicht von Leder- oder Stahlplättchen oder Kautschuk, Holz usw. an und hielt das ganze mittels zweiteiligen Ringes und Querkeilen zusammen. Häufig kam auch eine Verbindung vor, bei der die Kolbenstange mit kugelförmigem Ansatz versehen war, wobei der untere Teil von einer ausgehöhlten Pfanne, der obere von einem zweiteiligen Stahling umgeben war.

Ebenso wesentlich war es, den Kolben mit der Kolbenstange betriebsicher zu verbinden. Bei dünnen Kolbenstangen nahm man auch leichte Kolben; die zuerst durchweg angewandten gußeisernen Kolben verschwanden und wurden meistens durch gepreßte schmiedeeiserne Ramsbottom-Kolben ersetzt. Als solideste Verbindung galten flachgängige Schrauben und darüber angebrachte Keile.

Bei der Steuerung der Dampfhammer brach sich immer mehr der Grundsatz größter Einfachheit Bahn. Die oft sehr verwickelten selbst-

tätigen Steuerungen der großen Dampfhammer verschwanden immer mehr und machten der einfachen Handsteuerung Platz. Nur bei kleinen Dampfschnellhämmern hielt sich die selbsttätige Steuerung, doch war man auch hier bestrebt, die kraftschlüssige Klinkensteuerung nach Möglichkeit durch zwangsläufige Ausführungen zu ersetzen.

Als Verteilungsorgane dienten anfangs ausschließlich einfache Muschelschieber, dann wurden auch einfache Tellerventile oder Doppelsitzventile angewendet, und vor allem erhielt Wilsons Drehschieber eine große Verbreitung; seine Ausführung bei einem Daelen-Hammer der 60er Jahre lassen die Fig. 450 und 451 erkennen. Um Flachschieber mit der Hand bequem verstellen zu können, wurden bei größeren Ausführungen durchweg Entlastungskonstruktionen angewendet.

Hämmer, die sich bei ihrem Aufgange nicht selbsttätig umsteuerten, wurden mit Vorrichtungen versehen, um ein Anschlagen des Kolbens gegen den oberen Zylinderdeckel zu verhüten. Es wurden entweder elastische Puffer aus Kautschuk oder Federn oder frei bewegliche Platten, auf die Kesseldampf drückte, angewendet. Am besten war es, ein elastisches Luft- oder Dampfkissen zu bilden. Das erste hatte, wie erwähnt, bereits Deverell vorgesehen, das letztere wurde auch bei einfachwirkenden Dampfhammern in der Weise angewendet, daß die Steuerung kurz vor dem Hubende Dampf über den Kolben ließ.

Als normale Abmessung von Dampfhammern in den 50er Jahren werden Hammergewichte von 100 bis 4500 kg angegeben. Ein Creuzot-Hammer von 4500 kg Hammergewicht hatte 2,5 m Hub und arbeitete mit 4 at Kesseldruck. Das Gewicht des ganzen Hammers betrug 50 000 kg.

Die Hubzahl hing von der Art der Steuerung ab; sie ging bei Schnellhämmern bis über 100 in der Minute.

Die Nasmythschen Dampfhammer fanden auch sehr bald in der Form von Dampfrahmen bei den großen Wasserbauten Verwendung. 1843 ließ sich Nasmyth ein Patent auf diese Anordnung (Nr. 9850) geben. Im Juli 1845

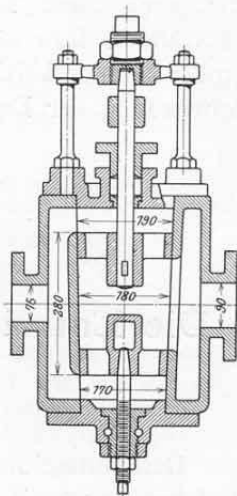


Fig. 450.
Wilson-Steuerhahn.

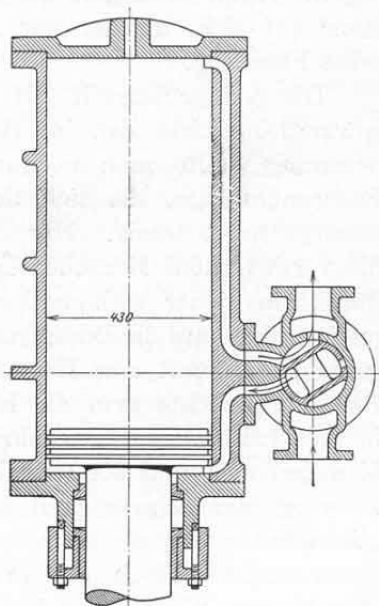


Fig. 451. Dampfhammer mit
Wilson's Steuerhahn.

wurden diese Dampfrahmen zuerst verwendet. Ein Wettbewerb mit der alten Handramme zeigte die außerordentliche Leistungsfähigkeit der neuen Anordnung. Nasmyths Ramme trieb den Pfahl in $4\frac{1}{2}$ Minuten bis zur gewünschten Tiefe ein, während mit der gewöhnlichen Vorrichtung 12 Stunden dazu nötig waren. Es ließ sich leicht daraus berechnen, welcher großer Zeit- und Geldgewinn bei umfangreichen Bauten durch diese neuartige Anwendung der Dampfkraft gewonnen werden konnte.¹⁾

VII.

Die Entwicklung der ortsfesten Dampfkessel.

1. Allgemeines.

Dampfmaschine und Dampfkessel gehören unzertrennlich zusammen. Anfangs waren sie sogar in einem Apparate vereinigt, und erst die fortschreitende Entwicklung hat sie räumlich getrennt. Die Maschine mit ihren vielen wunderbar bewegten Gliedern in metallglänzendem Gewande zog die Aufmerksamkeit der Ingenieure und die Bewunderung der Laien mehr auf sich, als der nur zu oft nebensächlich behandelte Kessel und seine Feuerung.

Die geringe Sorgfalt, die man anfangs der unscheinbaren Kesselanlage zuwandte, rächte sich im Betriebe. Von den Vorgängen bei der Verbrennung wußte man noch nicht viel und kümmerte sich auch um die Feuerungsanlage, die sich den beobachtenden Blicken vielfach verbarg, anfangs recht wenig. Nur „die Gewalt des Dampfes, die imstande ist, die verwegenen Menschen in Schrecken zu setzen“, lenkte immer wieder durch eine jener verhängnisvollen Kesselexplosionen die allgemeine Aufmerksamkeit auf die Dampferzeuger. Diese Gefahr nötigte auch die Gesetzgebung, sich mit den Kesselanlagen zu beschäftigen. Durch Strafe und Belohnung suchte man die Ingenieure anzuspornen, die größte Sicherheit in Konstruktion und Ausführung zu erstreben. Nur im engen Kreise der Kesselerbauer und Kesselbesitzer wußte man die Bedeutung des Kessels auch an der Schwierigkeit seiner Herstellung und Instandhaltung abzuschätzen.

Gewalztes Blech gab es anfangs nicht; mit ungleich geschmiedeten, sehr kleinen Blechgrößen hieß es auszukommen. Eine Unzahl „Nietnägel“ war für das Zusammenhalten dieser kleinen Blechtafeln erforderlich, und

¹⁾ s. über Nasmyths Dampfrahmen auch Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, Bd. IV, S. 499 und Dinglers polyt. Journal, Bd. 94, S. 9. Das Patent vom 24. Juli 1843 sieht auch in der gleichen Weise die Ausführung von Pochwerken vor.

jeder Niet war eine Quelle von Undichtheiten, vor denen auch die größten Mengen „Kitt“ nicht immer schützten. Aus allen nur denkbaren Baustoffen hat man versucht, Kessel herzustellen; neben Kupfer, Messing und Gußeisen fehlen sogar Holz und Stein nicht; selbst Platin hat man vorgeschlagen, aber doch zugegeben, daß es zu teuer wäre.

Es muß gerade beim Kesselbau besonders berücksichtigt werden, wenn man der großen Ingenieurarbeit auf diesem Gebiete gerecht werden will¹⁾,

1) Mitteilungen, die ich Herrn Direktor O. Knaudt in Essen verdanke, beschäftigen sich mit den Verhältnissen im deutschen Kesselbau und lassen die Schwierigkeiten erkennen, die hier wie überall die ersten Kesselbauer zu überwinden hatten.

Danach hatten bis in die 50er Jahre hinein Kesselbleche ausschließlich feste Maße; meistens waren sie 2×3 Fuß oder 18 Zoll \times 3 Fuß groß. Über $\frac{3}{8}$ Zoll starke Bleche wurden kaum gebraucht. Die Bleche wurden im Walzwerk meistens so geschnitten, daß höchstens eine Ecke rechtwinklig war. Die anderen drei Ecken zeigten noch rohe Walzkanten. Die erste Arbeit der Kesselfabrik war nun das Ausschweißen der Ecken. Anfangs der 60er Jahre war es aber schon allgemein üblich, Bleche mit vollen Ecken zu liefern. Um dieselbe Zeit fing man auch an, Bleche mit aufgegebenen Maßen zu beziehen. Hierbei mußte man aber sehr dafür sorgen, daß die Bleche in den Grundpreis-Abmessungen blieben. Sobald z. B. das Gewicht von 300 Pfd. überschritten wurde, trat ein sehr bedeutender Preiszuschlag ein. Eine Feuerarbeit an den Blechen, wie Kremen, Schweißen usw., wurde möglichst vermieden. Man benutzte statt dessen Winkelleisen. Hin und wieder lieferten aber geschickte Schmiede mit unvollkommenen Werkzeugen eine Arbeit, die auch heute noch als vorzüglich bezeichnet werden kann.

So lieferte Schulz Knaudt 1862 auf die Londoner Ausstellung einen Feuerrohrschuß mit umgebördelten Flanschen von 775 mm Durchmesser (500 mm Rohrdurchmesser und 595 mm Länge), der eine so saubere Arbeit zeigte, wie man sie heute nur noch mit Maschinen herstellen kann. Dabei hatte der Schmied als Gebläse einen hölzernen Blasebalg mit ledernen Seiten und eine Walze zum Biegen besessen, aber er hatte keinen beim Nachwalzen des geschweißten Schusses erforderlichen Ofen. Erst von Mitte der 60er Jahre an begann Schulz Knaudt die Böden maschinell zu flanschen.

F. Harkort, der um 1820 seine ersten Dampfkessel sich aus England hatte kommen lassen, veranlaßte damals den Schmied Caspar Berninghaus in Duisburg, auch Dampfkessel zu bauen, zu welchen Harkort noch die Bleche aus England bezog. Damit begann die heute zu großem Umfange gediehene Berninghaus'sche Kesselfabrik. Berninghaus benutzte zuerst den Fußboden seiner Wohnstube als Reißbrett, um die Bleche einzuteilen, die Nietentfernung festzustellen usw. Er zeichnete in natürlicher Größe. Lochmaschinen waren damals in dieser Gegend noch nicht bekannt. Berninghaus machte sich eine Zange, bei der ein Maulteil eine Matrize darstellte, während das andere eine Öffnung hatte, in der ein Stück Rundstahl als Patrizie sich locker führte. Mit einem Vorhammer wurden nun Schläge auf den Rundstahl geführt und das Loch so ausgestanzt. Berninghaus erzählte mit Stolz noch in späteren Jahren, daß er fast regelmäßig mit einem Schläge ein Loch fertiggebracht hätte, und daß nur wenige seiner Gesellen ihm dies nachmachen konnten.

Das Biegen der Bleche geschah so, daß man sie über einen in dem Boden gezogenen Graben legte und dann mit Hämmern so lange bearbeitete, bis sie die nötige Rundung erhielten. Zum Nieteten wurden Handhämmer benutzt; ein Schellhammer, um Nietköpfe zu machen, war unbekannt. War der Kessel fertig genietet, so wurde er mit Wasser gefüllt und dann so lange verstemmt, bis er dicht war. Bezeichnend ist auch folgendes Geschichtchen: Ein englischer Ingenieur, der auf Zechen bei Dort-

wie außerordentlich schwierig es sein mußte, Dampfkessel zu bauen zu einer Zeit, „als es weder Dampfhammer, noch Walzwerke, noch Nietmaschinen gab, und die Erfahrung eines gewöhnlichen Schmiedes für diese ungewöhnliche Arbeit ausreichen mußte“.

Die ersten Kessel der Papinschen und Saveryschen Dampfdruckpumpe waren Hochdruckkessel. Bei ihren kleinen Abmessungen ließen sie sich kugelförmig gestalten und erforderten wenig Verbindungsstellen. Deshalb waren hier noch verhältnismäßig leicht die Herstellungsschwierigkeiten zu überwinden, wenigstens soweit, daß ein Betrieb in kleinem Maßstabe möglich wurde. Aber erst für die atmosphärische Maschine mit ihrem geringen Dampfdruck war es möglich, auch schon mit den damaligen Mitteln betriebssichere Kesselanlagen in beträchtlicher Größe zu schaffen.

2. Die Kessel der atmosphärischen Maschine und der Dampf-niederdruckmaschine.

Faß- und Flanschenkessel. — Kofferkessel. — Kofferkessel mit Flammrohr. — Kessel von Stein, Holz und Gußeisen.

Die ersten Kessel waren nichts anderes als große Kochtöpfe, wie man sie im kleinen Maßstabe auch im Haushalte kannte und wie sie in ähnlicher Form auch die Brauindustrie bereits gebrauchte.

In Cornwall waren die Kessel der atmosphärischen Maschine kurze stehende Zylinder mit einwärts gekrümmtem Boden und flachem Deckel, der gewöhnlich mit Granitsteinplatten, dem ganz geringen Dampfdruck entsprechend, belastet wurde.

Der Vater Trevithicks ersetzte den flachen Deckel in den 70er Jahren durch eine kugelförmige Haube, die, sorgfältig ausgeführt, eine geringe Drucksteigerung in seinen Maschinen zuließ; vor allem vergrößerte sie beträchtlich den Dampfraum. Außerhalb Cornwalls wurde diese Haube schon früher ausgeführt. Anfangs stellte man sie aus Bleiplatten her, da man Eisenplatten noch nicht in die notwendige Form zu bringen verstand. Sobald die Eisengießerei auch größere Teile einwandfrei herstellen konnte, begann man diese Hauben vielfach aus Gußeisen zu fertigen.

mund damals den Betrieb zu leiten hatte, wollte einen Kessel unter Druck abnehmen. Er brachte zu diesem Zweck ein 1,5 m langes Standrohr auf dem Dome des Kessels an, füllte es mit Wasser und der hierdurch erreichte sehr geringe Überdruck bewirkte, daß der Kessel zur größten Verwunderung aller Zuschauer an allen Ecken stark zu rinnen begann. Der Erbauer des Kessels, der Begründer der heute noch bestehenden Fabrik von Moll in Witten, wollte sich bei Berninghaus, der damals in Wetter seine Werkstatt hatte, Rat holen, aber auch Berninghaus wußte sich diese unheimliche Erscheinung nicht zu erklären.

Anfangs wurden die Kessel ebenso wie die großen Braupfannen mit Vorliebe aus Kupfer hergestellt; je größer aber die Abmessungen wurden, um so seltener konnten diese teuren Baustoffe verwendet werden.

Als Beispiel für die Bauart der meisten Dampfkessel bis etwa 1770 dienen die Fig. 452 u. 453. Gegenüber dem Kessel Fig. 452, seiner Form nach wohl auch Tonnen- oder Faßkessel genannt, war bei der Bauart Fig. 453, dem Flanschessel, die halbkugelförmige Haube hier noch nach unten zu so eingezogen, daß durch den ringförmig entstehenden Vorsprung die Heizfläche vergrößert wurde.

Der Flanschessel galt für wirtschaftlicher und wurde deshalb besonders bei den Maschinen in London und Cornwall, wo die Kohlen teuer waren, gebraucht. Man machte ihn mit Vorliebe aus Kupfer. Der Wasserstand über dem vorspringenden Flansch war nur gering; es war deshalb sorgfältige Wartung nötig, sonst brannte an dieser Stelle der Kessel leicht durch.

Einen gußeisernen Kessel für die 1773 von Smeaton nach Petersburg gelieferte Maschine, die 1777 in Betrieb kam, zeigt Fig. 454. Drei solcher Kessel waren für die 66zöllige (1676 mm) Maschine nach Smeatons Angaben auf den Carronwerken erbaut worden. Jeder Kessel war $16\frac{1}{3}$ Fuß (rund 5 m) hoch; am Boden hatte der Kessel 8 Fuß (2,4 m), oben 10 Fuß (rund 3 m) Durchmesser. Jeder Kessel wog $15\frac{1}{2}$ t.

Die Kessel sollen sich sehr gut bewährt haben. Eine größere Anzahl kleinerer Kessel wurden damals in gleicher Weise ausgeführt. In Cumberland setzte man vielfach den Dom aus einzelnen gußeisernen Segmenten, die man durch Schrauben miteinander verband, zusammen, um so imstande zu sein, bei einer Reparatur bequem eine Platte auswechseln zu können.

Die atmosphärische Maschine des Londoner Wasserwerkes, die 1775 errichtet wurde, zeigt eine ganz besondere Kesselform, bei der die Feuerung

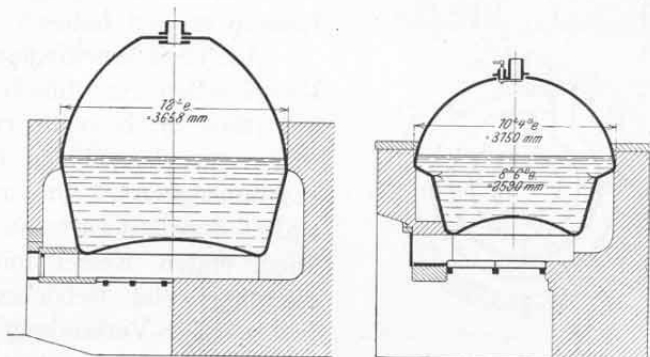


Fig. 452 und 453.

Dampfkessel für atmosphärische Maschinen bis 1770.

(Nach Farey, Steam engine, London 1827.)

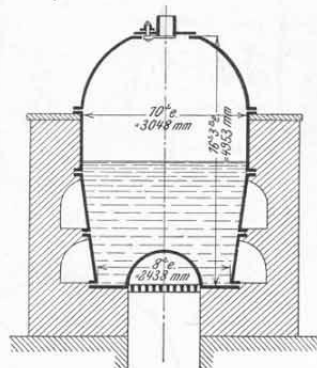


Fig. 454. Gußeiserner Kessel von Smeaton 1723.

(Nach Farey, Steam engine, London 1827.)

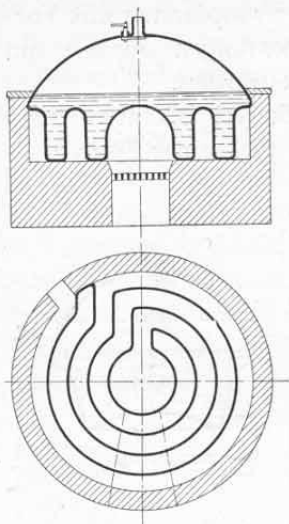


Fig. 455 und 456.

Dampfkessel mit Feuerzügen, London 1775.

(Nach Farey, Steam engine.)

mitten unter dem Kessel lag und die Feuerzüge spiralförmig den unteren Teil des Kessels durchzogen, Fig. 455 u. 456. Der Kessel war aus Kupfer hergestellt und maß 15 Fuß (4,57 m) im Durchmesser. Man soll mit dieser Bauart $\frac{1}{4}$ des Brennstoffes gegenüber den gewöhnlichen Kesseln erspart haben.

Auch mit Innenfeuerung wurden diese ersten Kessel schon ausgeführt. So war der Kessel bei Smeatons ortsbeweglicher atmosphärischer Maschine aus $\frac{1}{4}$ -zölligen (6,35 mm) Blechplatten zusammengenietet und mit einer kugelförmig gestalteten gußeisernen Innenfeuerung ausgerüstet. Diese ersten Kessel mit Innenfeuerung sollen allerdings viel Betriebsschwierigkeiten ergeben haben. Die Verbindung des gußeisernen Teiles mit den schmiedeeisernen bekam man nicht dicht.

In Deutschland wurden ebenfalls die zylindrischen Kessel mit kugelförmiger Haube anfangs häufig angewendet.

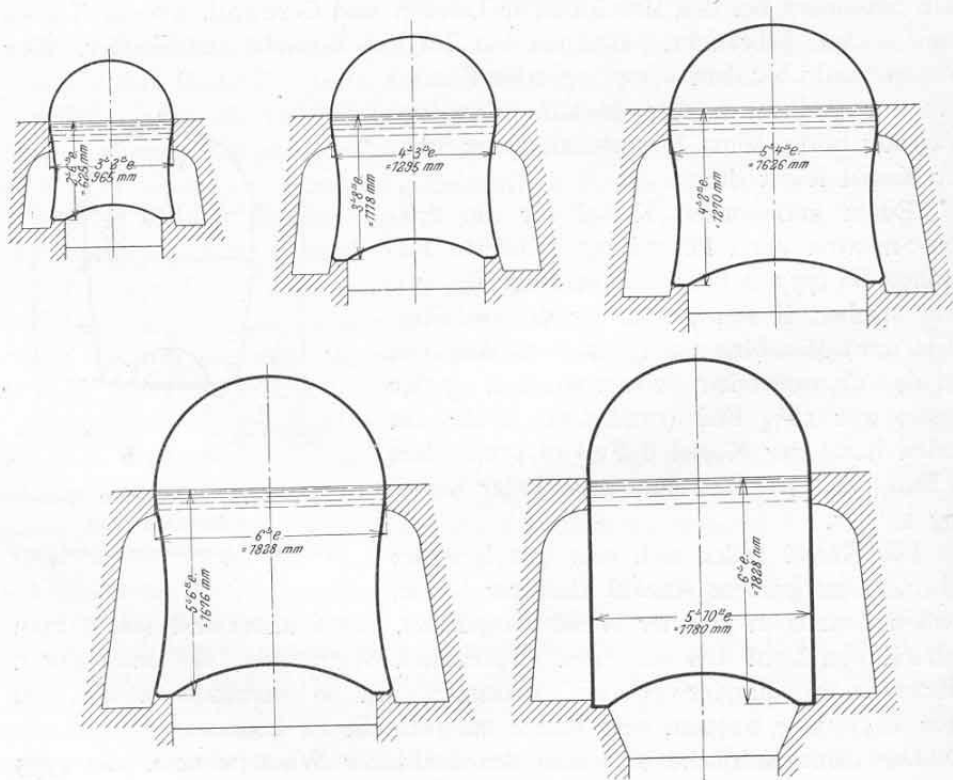


Fig. 457 bis 461. Kesselquerschnitte zu Wattschen Kofferkesseln.

Besonders schwer hielt es hier, geeignete Bleche zu erhalten. Als für eine der ersten Betriebsmaschinen Berlins 1814 die Kessel auf der mit der Saline Schönebeck verbundenen mechanischen Werkstatt bestellt wurden, schrieb der Betriebsleiter: „Diesem zufolge habe ich sofort die nötigen

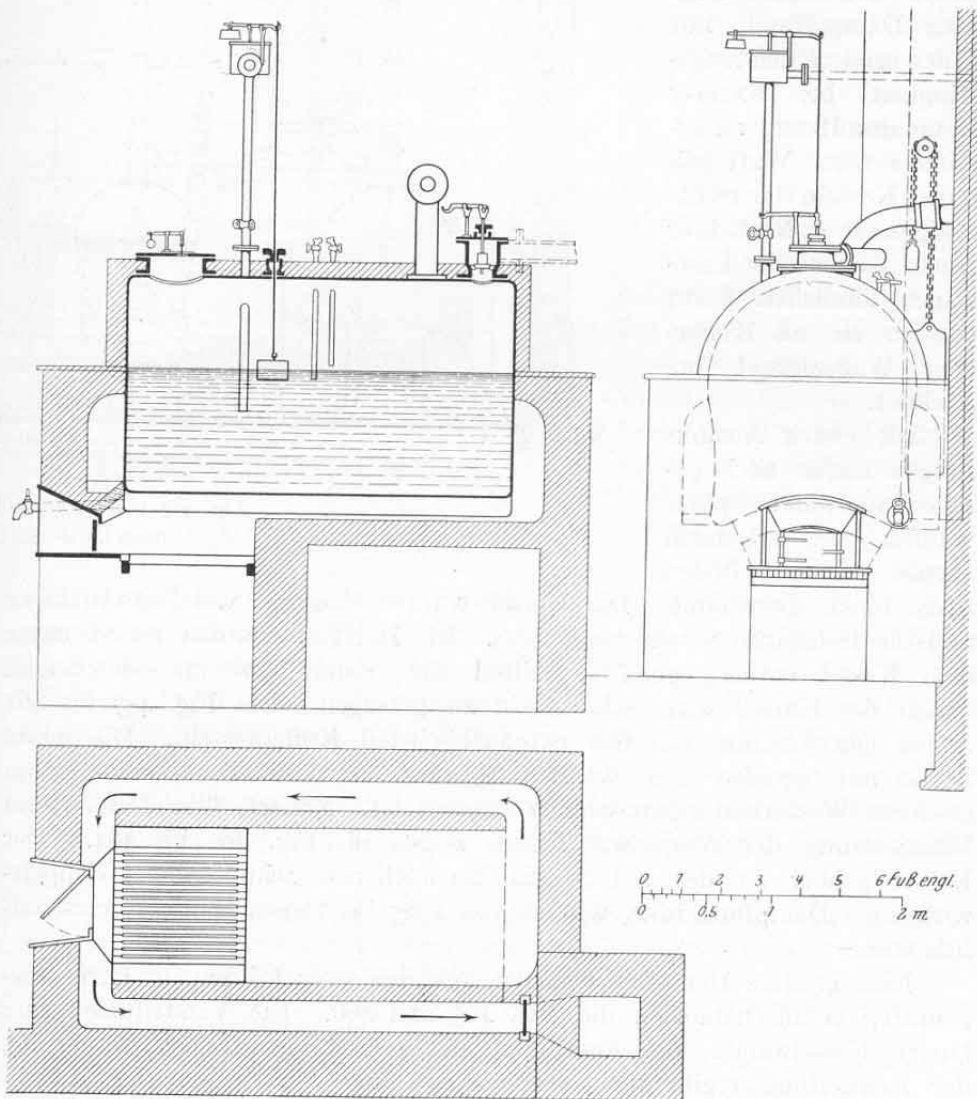


Fig. 462 bis 464. Kofferkessel von Watt um 1790.
(Nach Farey, Steam engine.)

Bleche in Thale in Bestellung gegeben und, um wegen der Qualität des Eisens versichert zu sein, so viel altes Eisen und Abschnitte von Pfannenblechen mitgesandt, daß daraus solche gut und tüchtig gefertigt werden könnten.“ Die kugelförmige Haube für diesen Kessel wurde aus Guß-

eisen in Berlin hergestellt.

Mit der Wattschen Dampf Niederdruck - Maschine entstanden auch neue Dampfkessel, mit denen größere Leistungsfähigkeit bei besserer Raumausnutzung zu erreichen war. Watt gab seinen Kesseln eine rechteckige Gestalt. Nach ihrer einem Koffer oder Lastwagen ähnlichen Form wurden sie als Koffer- oder Wagenkessel bezeichnet.

Die ersten Ausführungen zeigen noch gerade Seitenwände, später wurden sie allgemein ebenso wie der Boden nach innen gekrümmt. Die Kessel wurden dadurch widerstandsfähiger und die Heizfläche wurde vergrößert. Die Heizgase wurden zuerst unter dem Kessel entlang geführt, teilten sich dann, um an den beiden Seiten des Kessels zum Schornstein zu gelangen. Die Fig. 457 bis 461 zeigen Querschnitte von den gebräuchlichsten Kofferkesseln. Die letzte Form mit geraden Seitenwänden wurde von Watt bei seinen ersten größeren Wasserhaltungsmaschinen angewendet. Näheres über Bauart und Einmauerung der Wattschen Kessel zeigen die Fig. 462 bis 464. Der Kessel gehört zu der auf S. 362 besprochenen zehnpferdigen doppelwirkenden Dampfmaschine, wie sie von 1785 bis 1800 allgemein gebräuchlich war.

Eine größere Dampfkesselanlage aus den 30er Jahren, in Paris ausgeführt, veranschaulichen die Fig. 465 und 466. Die Versteifungen der langen Kesselwände, die Anordnung der selbsttätigen Speisevorrichtung, der Rohrleitung ergibt sich ohne weiteres aus der Figur. Der Rauchschieber wird von einem Schwimmer aus eingestellt. Der Kessel arbeitet mit $1\frac{1}{2}$ bis 3 Pfd./Qu.-Zoll (0,11 bis 0,21 kg/qcm) Dampfüberdruck.

Bei größeren Kesseln wurden die Heizflächen durch eine Innenröhre, in der die Heizgase zurückkehrten, um dann erst die äußeren Kesselseiten zu bestreichen, vergrößert. Dieser innere Heizkanal hatte zuerst rechteckigen und, mit Rücksicht auf die Festigkeit, später allgemein ellip-

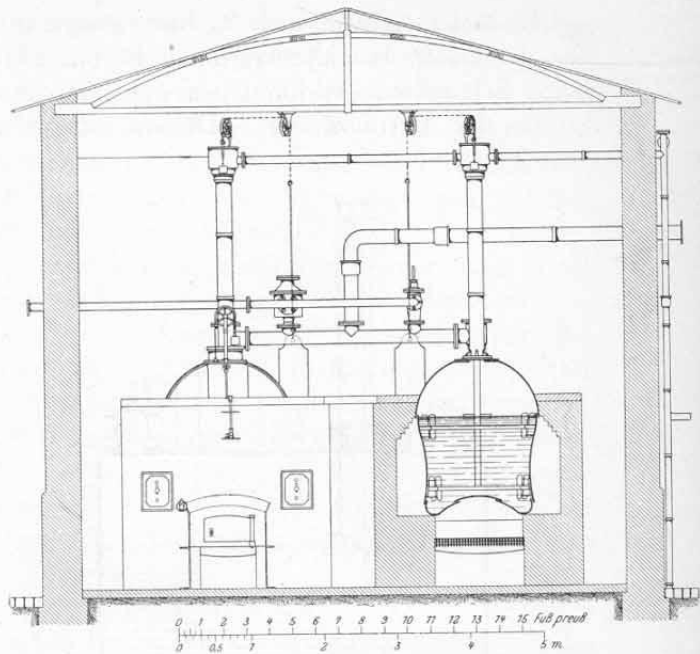


Fig. 465 und 466. Kofferkessel,
(Nach Nottebohm, Zeichnungen,

tischen oder faßförmigen Querschnitt.¹⁾

So waren auch die Kessel der großen 60zölligen (1524 mm) Wasserhaltungsmaschine, die Holtzhausen 1800 erbaut hatte, ausgeführt. Die Anordnung dieser Kessel nebst dem Grundriß der schon in Fig. 310 abgebildeten Maschine zeigt Fig. 467. Auf jeder Seite des Maschinenhauses liegt ein großer Kofferkessel mit geraden Seitenwänden und einem Feuerrohr. Die Blechplatten sind etwa 0,7 qm groß und wiegen etwa 30 bis 50 kg. Für beide Kessel wurden nicht weniger als 510 Blechtafeln in fünf verschiedenen Sorten verwendet.²⁾

Nach Wilkinsons Angaben

führte man in Oberschlesien anfangs den inneren Feuerzug nicht gerade durch, sondern ließ ihn in ziemlich scharfer Krümmung am Ende des Kessels in den Boden einmünden. Diese Verbindungsstelle aber war nie dicht zu erhalten. Die Längenausdehnung des Heizrohres wirkte auf den Hebelarm des kurzen, abgebogenen Rohrstückes; das Rohr dehnte sich aus und bewirkte mit dem kurzen, abgebogenen Rohrstück ein schnelles Losewerden dieser Verbindungsstelle. Man gab deshalb das gekrümmte Flammrohr bald ganz auf und ging zum gerade durchgeführten Rohr, das die beiden End-

¹⁾ 1730 beschrieb Dr. John Allen eine Vorrichtung, bei der ein kupfernes oder eisernes Flammrohr durch einen Kessel geht, 1759 benutzte Brindley eine ähnliche Methode bei seinen hölzernen und steinernen Kesseln.

²⁾ Die den Akten des Königl. Hüttenamtes zu Tarnowitz entnommene Blechbestellung für diese Kessel aus dem Jahre 1798 lautet:

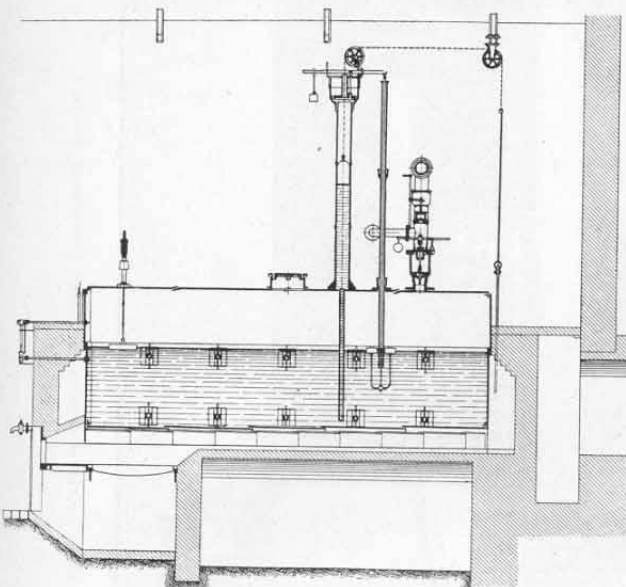
110 Tafeln Bodenblech, 24 Zoll breit, 36 Zoll lang, $\frac{3}{8}$ Zoll stark, am Rande herum 3 Zoll breit, aber $\frac{1}{10}$ Zoll schwächer. Die Tafel muß 100 Pfd. wiegen;

80 Tafeln kurze Seitenbleche, 24 Zoll breit, 33 Zoll lang, $\frac{15}{16}$ Zoll stark, am Rande herum $\frac{1}{10}$ Zoll schwächer. Die Tafel muß 17 Pfd. wiegen;

80 Tafeln Lang-Seitenbleche, 24 Zoll breit, 42 Zoll lang, $\frac{15}{16}$ Zoll stark, eben wie die vorigen am Rande $\frac{1}{10}$ Zoll schwächer. Die Tafel muß 98 Pfd. wiegen;

130 Tafeln Haubenbleche, 24 Zoll breit, 42 Zoll lang, $\frac{5}{32}$ Zoll stark. Die Tafel muß 69 Pfd. wiegen;

110 Tafeln Röhrenbleche, 24 Zoll breit, 30 Zoll lang, $\frac{5}{16}$ Zoll stark, am Rande herum $\frac{1}{10}$ Zoll schwächer. Die Tafel muß 70 Pfd. wiegen.



Paris um 1830.

Berlin 1841.)

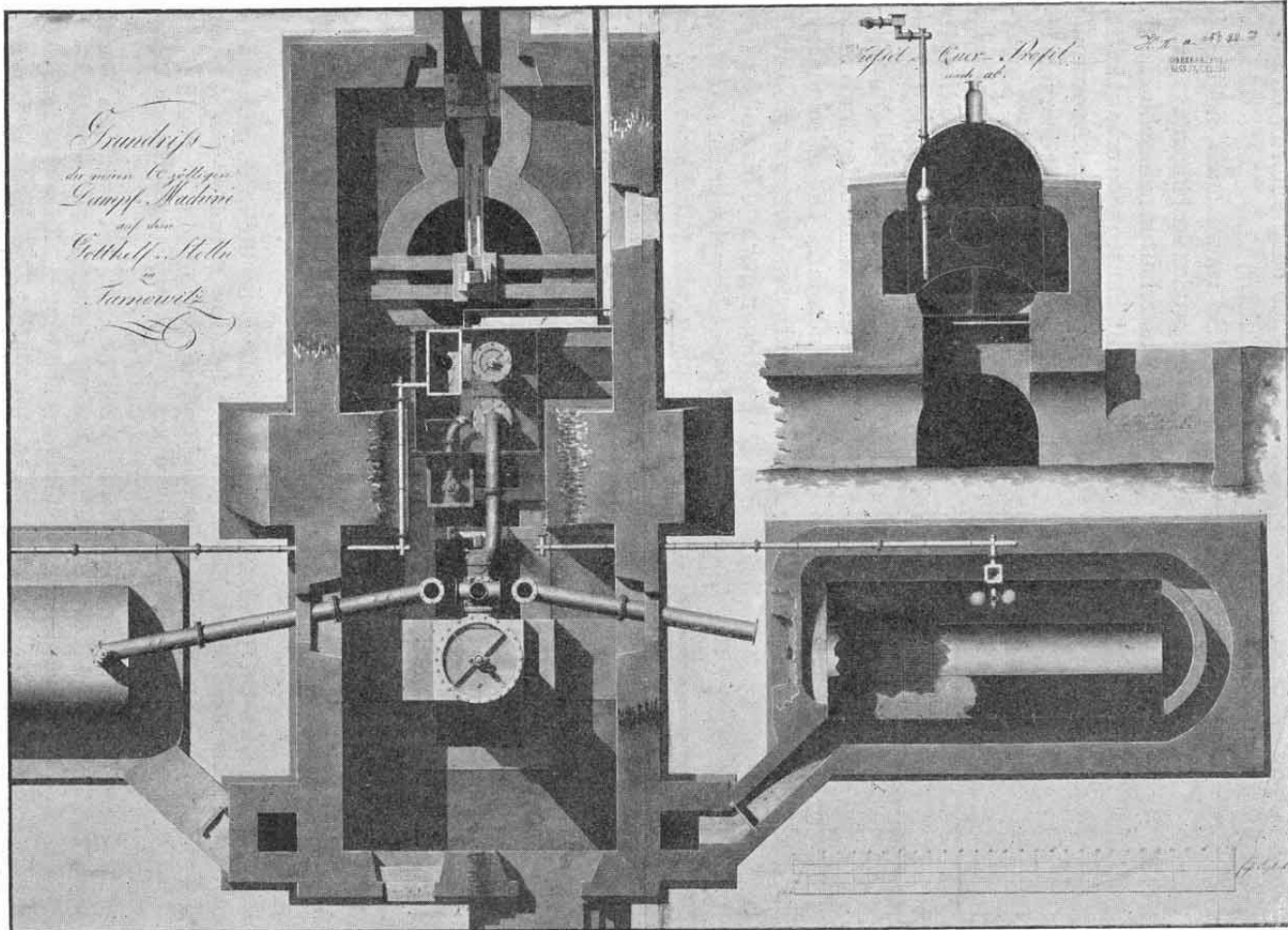


Fig. 467. Kofferkessel mit Heizrohr in Oberschlesien 1800. (Originalzeichnung des Königl. Oberbergamts Breslau.)

Zylinderdurchmesser bestimmt. Er gleicht in Ausführung dem Kessel Fig. 467. Zum Schutze gegen Wärmeableitung hat man ihn auch oben mit einer Steinschicht umgeben.

Besonders schwierig war es, die Kessel mit ihren zahllosen Nieten und Blechfugen dicht zu halten. Alle nur möglichen Dichtungstoffe wurden, zuweilen in riesigen Mengen, verwendet. So wurden z. B. für eine mittlere Maschinenanlage und ihre Kessel bestellt: 20 Ztr. Blei, 25 Pfd. Bleiweiß,

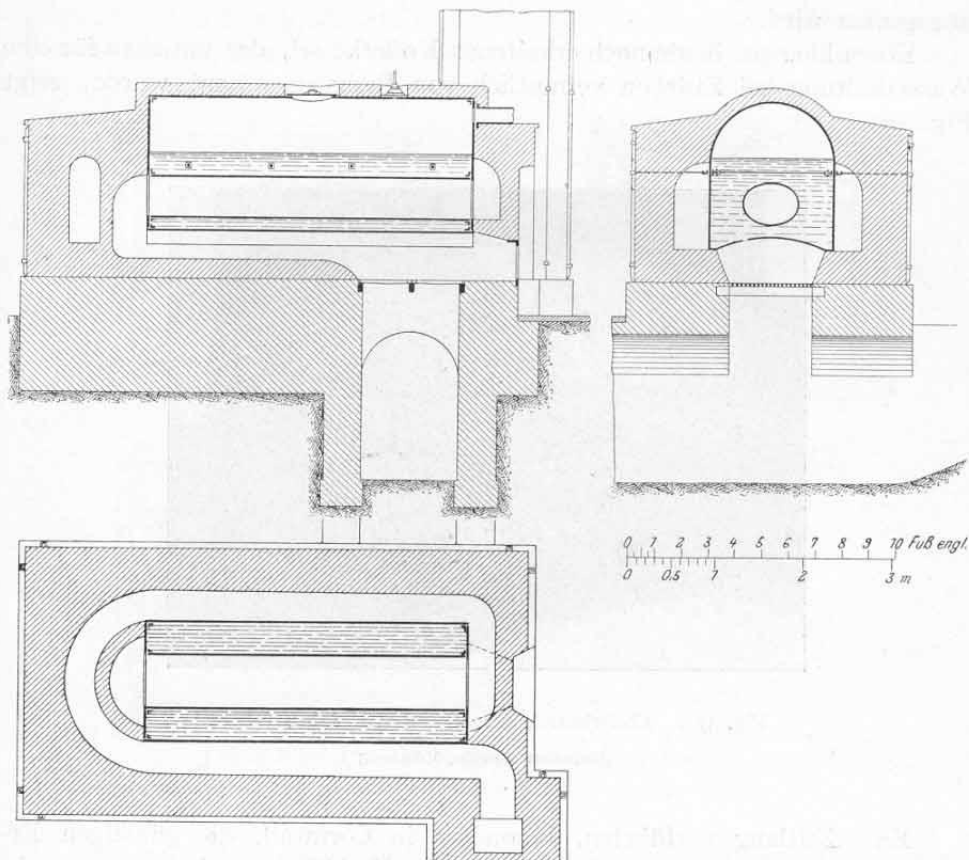


Fig. 468 bis 470. Kofferkessel in Oberschlesien 1804.

(Nach Originalzeichnung des Königl. Oberbergamts Breslau.)

20 Quart Leinöl, 15 Ellen Leinwand, 132 Pfd. Hanf, 66 Pfd. Talg, 20 Pfd. Mastrichter Leder, 70 Pfd. Werg, 80 Quart Teer, 6 Bogen Papier. Blei, Hanf und in Leinöl getränktes Papier wurden für den Kessel bevorzugt. Aber trotz alledem berichten die alten Akten immer wieder, „daß die Kessel wieder undicht geworden sind, besonders an den Ecken, wo vier Bleche aufeinander liegen.“

Der englische Fabrikant Humphrey, der die erste Maschine nach Oberschlesien geliefert hatte, wollte von dem Wattschen Kofferkessel wenig

wissen und blieb noch lange bei dem Kessel mit kugelförmiger Haube. Den oberschlesischen Kunstmeistern, die aber „lange“ Kessel haben wollten, riet er 1789, das damals rechteckige Flammrohr hochkantig zu stellen, so daß ein Teil aus dem Wasser heraus in den Dampfraum rage, „so daß es den Dampf mehr erhitzt oder gewissermaßen kocht und ihm dadurch mehr Elastizität gäbe.“ Der Vorschlag, den Dampf zu erhitzen, schien den deutschen Kunstmeistern zwar einleuchtend, aber der Versuch gefährlich, „weil nach den gemeinen Erfahrungen das Blech hierdurch vom Feuer angegriffen wird.“

Einen kleinen, heute noch erhaltenen Kofferkessel, der um 1810 für eine Wasserhaltung bei Eisleben vermutlich von Richards erbaut wurde, zeigt Fig. 471.

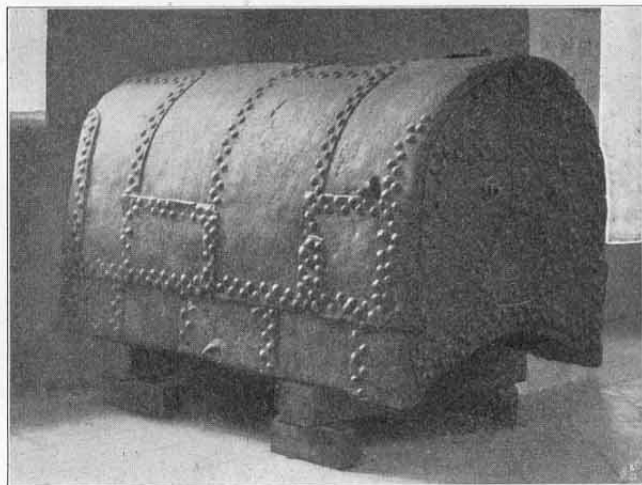


Fig. 471. Kofferkessel, um 1810 bei Eisleben erbaut.

(Deutsches Museum, München.)

Eine Zeitlang verführten, besonders in Cornwall, die günstigen Erfahrungen, die man mit großen Kesseln im Verhältnis zu kleinen gemacht hatte, zu der Verallgemeinerung, daß die Dampferzeugung um so günstiger und billiger werde, je größer die Kessel seien, je mehr Kohlen auf dem Roste zugleich Platz fänden. Man suchte in gewaltigen Abmessungen sich förmlich zu übertreffen. Feuerroste von 2,5 bis über 3 m Länge kamen vor. 24 Fuß (7,3 m) hohe Kessel mit kugelförmiger Haube, wie bei den alten atmosphärischen Maschinen üblich, mit 24 Fuß (7,3 m) Durchmesser waren um 1830 in Betrieb. Die Feuerung war von der einen Seite bis zur anderen des Kessels durchgeführt. Sie war 9 Fuß (2,7 m) breit, der Rost lag 7 Fuß (2,13 m) unter dem Boden des Kessels und konnte 30 t Kohlen mit einmal aufnehmen.

Auf einer anderen Grube hatte eine 60zöllige (1524 mm) Maschine einen Kofferkessel, dessen Feuerung 14 Fuß (4,3 m) lang und 8 bis 9 Fuß (2,4 bis 2,7 m) breit war. Schlechte Wärmeausnutzung und dauernde Betriebsstörungen waren die Ergebnisse derartiger Riesenanlagen.¹⁾

Neben Kupfer, Schweiß- und Gußeisen hat man sogar Stein und Holz als Baustoff für Dampfniederdruckkessel zu verwenden gesucht.

So erbaute der berühmte englische Ingenieur Brindley 1756 zu Newcastle einen steinernen Kessel, bei dem die Steine durch einen Kitt aus gekochtem Leinöl und Bleiglätte dampf- und wasserdicht verbunden waren. Eiserne Feuerröhren führten die Heizgase durch diesen gemauerten Behälter.²⁾

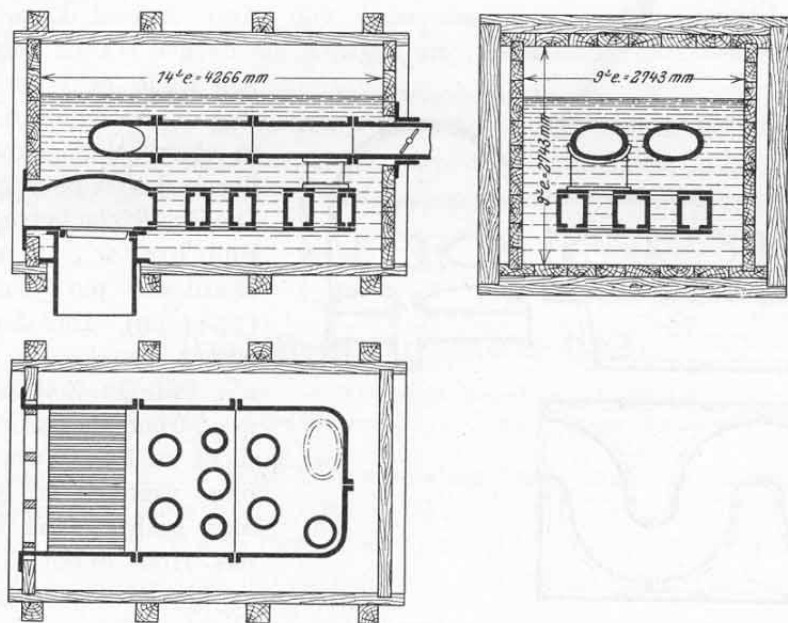


Fig. 472 bis 474. Hölzerner Dampfkessel, Amerika 1800.

(Nach Transact. Americ. Soc. Mech. Eng., Bd. VI.)

Fast scherzhaft für unsere heutige Vorstellung vom Dampfkesselbetrieb mutet uns der hölzerne Dampfkessel an, und doch ist er eine Zeitlang gar nicht selten ausgeführt worden. Die Holzkessel waren billig und sollten, weil Holz ein schlechter Wärmeleiter ist, auch Brennstoff sparen. Sie waren gewöhnlich aus starkem Fichtenholz gefertigt, mit eisernen Reifen umgeben und fast ausschließlich mit gußeiserner Innenfeuerung, von der aus entsprechend geformte gußeiserner Feuerzüge durch den Wasserraum des hölzernen Behälters hindurchgingen, ausgerüstet. Doch auch Außen-

¹⁾ s. W. Pole, The Cornish pumping engine, London 1844.

²⁾ In Gilberts Ann. d. Phys., Bd. 23, S. 91, wird von einem anderen steinernen Dampfkessel berichtet.

feuerung kommt vor, wobei natürlich der Kessel, soweit die Flamme mit ihm in Berührung kam, durch aufgenageltes Eisenblech geschützt wurde.

Die Heimat dieser Holzkessel war am Anfange des vorigen Jahrhunderts Amerika. Die Eisenindustrie war von England aus hier künstlich zurückgehalten worden und konnte deshalb nach dem Abbruch der geschäftlichen Beziehungen den Bedarf nicht decken. Man mußte sich helfen, so gut es ging, und da Bleche nicht oder nur schwer zu haben waren, griff man zum Holz.¹⁾

Einen hölzernen Dampfkessel, der von 1801 bis 1812 auf dem Wasserwerke in Philadelphia in Betrieb war, zeigen die Fig. 472 bis 474. Der hölzerne Kasten ist aus 5 zölligem (127 mm) Fichtenholz zusammengesetzt.²⁾ Die gußeiserner flache Feuerkiste wird von einer Anzahl kurzer gußeiserner Wasserrohre durchsetzt, die zugleich die flachen Wände versteifen.

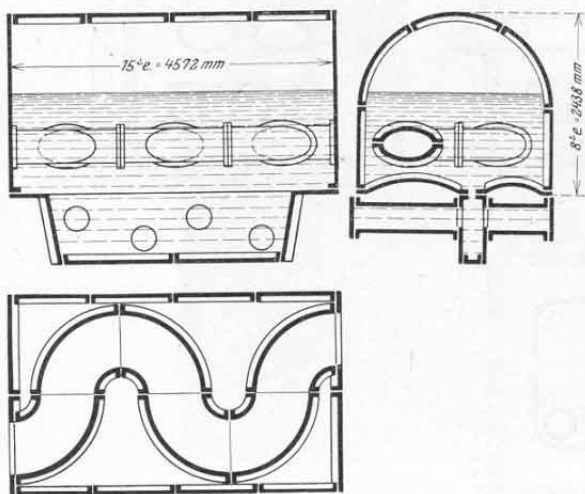


Fig. 475 bis 477. Gußeiserner Kessel, Amerika 1801.

(Nach Transact. Americ. Soc. Mech. Eng., Bd. VI.)

Am Ende geht ein ovales Zugrohr nach oben und wird in einer Schlangenwindung durch das Wasser geführt. Die Rostfläche betrug 3×5 Fuß ($0,91 \times 1,52$ m), die Heizfläche 360 Quadratfuß (33,44 qm). Daß diese hölzernen Kessel auch bei nur $2\frac{1}{2}$ Pfd./Qu.-Zoll ($0,18$ kg/qcm) Überdruck sehr schwer dicht zu halten waren, ist ohne weiteres zu glauben. Man suchte dann vielfach das Holz durch Gußeisen zu ersetzen. Zu welchen abenteuerlichen Konstruktionen man hier kam, möge ein in Amerika 1801 erbauter Kessel zeigen, Fig. 475 bis 477. Der Rost liegt unter dem Kessel; die dem Feuer unmittelbar ausgesetzten Bodenplatten sind aus Schmiedeeisen. Die Heizgase gehen durch einen wellenförmig gekrümmten gußeisernen Zug zum Schornstein.³⁾

Noch urwüchsiger war der hölzerne Kessel, den der Graf von Buquoy

¹⁾ Eingeführt wurde der hölzerne Kessel in Amerika durch Anderson zuerst nur für Destillationszwecke. Livingston veranlaßte die Maschinenfabrik von Roosevelt, ihn auch für die Dampfkessel der Wasserwerke zu New York und Philadelphia zu verwenden.

²⁾ Die ganze Maschinenanlage ist schon auf S. 533 dargestellt worden.

³⁾ Näheres s. Transact. of the Amer. Soc. of Mech. Eng., 1885, Bd. VI, S. 588 und 1894, Bd. XV, S. 993 und Engineering 1876, II, S. 386.

1813 bei seiner ebenfalls hölzernen Dampfmaschine, die er in einem eigenen in Leipzig 1814 erschienenen kleinen Büchlein sehr empfehlend beschrieb, anwandte. Der innere, dem Feuer ausgesetzte Kesselraum war aus Sturzblech mit Nietnägeln zusammengenietet. Der eigentliche Kessel wurde „aus dreizölligen (76 mm) kiefernen Pfosten ganz auf dieselbe Art vom Binder oder Böttcher zusammengestoßen, wie dieses in den Brauhäusern beim Kühlstocke geschieht.“ Den Kessel bedeckte ein in der gleichen Weise hergestellter hölzerner Deckel. Der obere Rand der hölzernen Kesselwand wurde mit Filz oder Schilf oder auch Papier „recht leicht“ bedeckt, der Deckel darauf gebracht und sogleich mit Gewichten dergestalt beschwert, daß er sich nicht werfen konnte, und darauf sofort mit einem 6 Fuß (1,83 m) hohen Ziegelpfeiler übermauert. Der Druck des Mauerwerkes hatte ihn gegen das Abheben und das sehr gefürchtete Werfen zu schützen. „Das Ausblasen der Dämpfe ist bei allen diesen ineinander gefügten Teilen auf die allereinfachste Art durch kleine Keile aus weichem Holz verhindert.“

Wie eine Idylle aus alten Zeiten, wo der Dampf noch gutmütiger war als heute, liest sich diese vor drei Menschenaltern noch ernsthaft genommene Beschreibung.

3. Dampfkessel für höheren Druck.

Walzenkessel. — Flammrohrkessel. — Woolfscher Kessel. — Henschel-Kessel. — Albans Wasserrohrkessel. — Heizrohrkessel. — Ausbreitung der Kesselarten.

Sobald man daran ging, höheren Dampfdruck anzuwenden, waren die Kofferkessel mit ihren riesigen flachen Wänden und all die anderen vorher erwähnten Konstruktionen nicht mehr anwendbar. Kessel mit zylindrischem Querschnitt führten sich immer mehr ein und verdrängten schließlich ganz die flachwandigen Niederdruckkessel.

Evans, der erste Vorkämpfer der Hochdruckmaschine, führte auch die Zylinderkessel ein. Schon 1786 und wohl noch etwas früher baute er walzenförmige Kessel mit Unterfeuerung und durchgehendem Rauchrohr, das etwas nach unten aus der Mitte versetzt war, um größeren Dampfraum zu erhalten. Auch Walzenkessel mit im Flammrohr angeordneter Feuerung, sog. Cornwall-Kessel, soll Evans um diese Zeit, also wesentlich früher als sie in Cornwall in Gebrauch kamen, angewendet haben. Die Abmessungen seiner Kessel, die Sorgfalt, mit der er die Wandstärke bestimmte, lassen wieder den großen Ingenieur erkennen.

In Europa führte Trevithick den Flammrohrkessel, und zwar zuerst in größerem Maßstabe in den Grubenbezirken Cornwalls ein. Von hier aus haben sie ihren Siegeszug angetreten. Bald gehörten sie unter allen Kesselbauarten für ortsfeste Maschinen zu den leistungsfähigsten und zahlreichsten.

Die ersten Hochdruckkessel Trevithicks bestanden aus großen gußeisernen, aus mehreren Teilen zusammenschraubten Zylindern, in die ein

rückkehrendes Flammrohr eingebaut war. An dem einen Ende war die Feuerung; das andere, wesentlich engere Ende mündete neben der Feuertür in den Schornstein. Das Feuerrohr war aus Schmiedeeisen. Die ersten Dampfmaschinen zeigen derartige Kessel.¹⁾

Bei den großen Kesselanlagen, die für die Wasserhaltungsmaschinen der Gruben Cornwalls erforderlich waren, ging Trevithick vom Gußeisen ab und verwendete Schmiedeeisen. 1811 erbaute er zwei Walzenkessel mit Unterfeuerung für eine Grube in Cornwall. Jeder dieser Kessel war 3 Fuß (914 mm) weit und 40 Fuß (12,2 m) lang; er wurde mit 100/Pfd. Qu.-Zoll (7,03 kg/qcm) Überdruck betrieben.

1813 wurden auch 5 Fuß (1524 mm) weite und 30 bis 40 Fuß (9,14 bis 12,2 m) lange Kessel mit innerem Feuerrohr von Trevithick erbaut.

Die größten Kesselbleche waren damals etwa 3×1 Fuß ($0,9 \times 0,3$ m) groß; sie mußten in die nötige Krümmung gehämmert werden. Die Nietlöcher paßten selten aufeinander. Das Nieten selbst verstand man anfangs nur schlecht; es schien fast unmöglich, eine dichte Naht zu erhalten.

Berichte von Augenzeugen, die Trevithick noch persönlich kannten und sich noch lebhaft an seine ersten großen Hochdruckkessel erinnerten, geben ein anschauliches Bild von den riesigen Schwierigkeiten, die hier überwunden werden mußten.

Einer erzählte von den Kesseln zu Trevithicks Plungermaschine auf der Herland-Grube, sie hätten so durchgeblasen, daß man kaum gewagt hätte, nahe heran zu treten. Früher habe man aufgelöstes Tauwerk zum Abdichten der Kesselbleche verwendet, „aber Trevithicks Hochdruckdampf verbrannte es alles“. Kessel ohne Tauwerk dicht zu halten, wie es Trevithick verlangte, hielt damals jederman für unmöglich. „Ganze Körbe voll Pferdemist und Kleie stopfte man zuerst in Trevithicks Kessel, um sie dicht zu bekommen.“ Aber das half nur wenig, das Kesselhaus war fast immer mit Dampf gefüllt. Trevithick ließ den Kessel mit Asche bedecken, die Maschinenwärter, die sich vor dem Hochdruckdampf fürchteten, würden ihn dann weniger sehen und außerdem würde auch der Kessel noch besser gegen Wärmeabgabe geschützt sein. Trevithick selbst stand mitten in einer Dampf Wolke im Maschinenhause und arbeitete mit bewundernswerter Ruhe an seiner Maschine, deren gewaltiger Plungerkolben unter Einwirkung seines „Pulverdampfes wie aus einer Kanone geschossen nach oben flog“. ²⁾

Doch schließlich gelang es auch Trevithick und den anderen Cornwaller Ingenieuren, die scheinbar unüberwindlichen Schwierigkeiten zu besiegen und betriebssichere Kessel für höher gespannte Dämpfe herzustellen. Be-

¹⁾ Später ließ man bei den kleinen Hochdruckmaschinen ein gleichweites Flammrohr auch glatt durchgehen.

Auf einem Eisenwerke in Südwaales bestand der gußeiserne Kessel aus drei Teilen von je 80 Zoll (2,03 m) Weite und 18 Fuß (5,49 m) Länge.

²⁾ s. Fr. Trevithick, The life of R. Trevithick, London 1872, Bd. 2, S. 78 f.

merkwürdig ist es, daß Trevithick 1815 auch stehende Kessel für 100 Pfd./Qu.-Zoll (7,03 kg/qcm) Dampfüberdruck ausführte. Sie waren 24 Zoll (610 mm) weit und 9 Fuß (2,7 m) hoch und besaßen ein inneres, sich nach oben zum Schornstein hin verengendes Feuerrohr von $17\frac{1}{2}$ Zoll (444 mm) Weite.

1815 führte Trevithick auch Wasserrohrkessel aus, die aus drei waagrecht angeordneten Röhren bestanden, an denen je drei Röhren nach unten hängend angeschraubt waren. Diese Kessel, die also aus drei waagrecht und neun darunter angeordneten senkrechten Röhren bestanden, wurden unmittelbar in den Schornstein eingebaut. Jedes Rohr war 3 Fuß (914 mm) weit, etwas über 8 Fuß (2,4 m) lang und hatte $\frac{5}{8}$ Zoll (15,8 mm) Wandstärke und kugelförmig abgerundete Enden.¹⁾

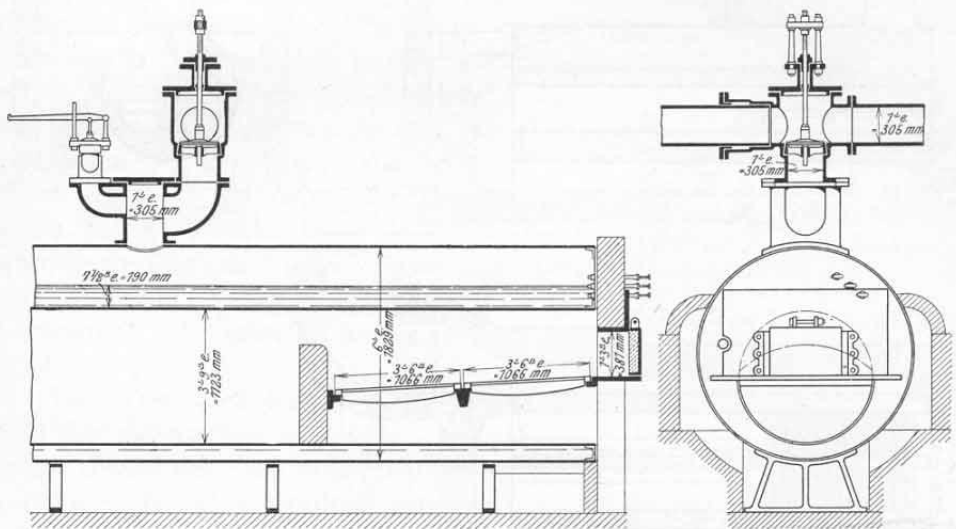


Fig. 478 und 479. Flammrohrkessel in Cornwall um 1830.

(Nach W. Pole, The Cornish pumping engine, London 1844.)

Aus den Cornwall-Kesseln entstanden auch die sog. Fischmaulkessel (Fish-mouth boilers), bei denen über dem Rost nur die obere Hälfte des Kessels eine Art gewölbte Decke bildete, die natürlich noch von Wasser bedeckt wurde. Diese von den Butterly-Werken bei Derby ausgeführte Bauart (deshalb auch Butterly-Kessel genannt) ließ größere Rostfläche erreichen. Diese Kessel aber waren schwieriger auszuführen und für höheren Druck auch weniger geeignet; sie verschwanden deshalb bald wieder.

Was die Abmessungen der normalen Cornwall-Kessel, von denen einer in den Fig. 478 und 479 dargestellt ist, anbelangt, so hatte Trevithick schon 1804 zylindrische Kessel von 24 bis 26 Fuß (7,31 bis 7,92 m) Länge

¹⁾ s. F. Trevithick a. a. O., Bd. I, S. 370.

und 7 Fuß (2133 mm) Durchmesser erbaut. Das Rauchrohr war 52 Zoll (1321 mm) weit und verengte sich bis auf 21 Zoll (533 mm). Fast gleiche Abmessungen hatten in den 30er Jahren die Kessel in Cornwall, nur wurde das Feuerrohr mit gleichem Durchmesser durchgeführt. Die größten Kessel waren in den 40er Jahren 44 Fuß (13,41 m) lang und etwas über 6 Fuß (1,8 m) weit; das Flammrohr war 4 Fuß (1,2 m) weit. Am meisten gebräuchlich waren Kessel von 6 Fuß (1,8 m) Durchmesser, 30 bis 34 Fuß (9,14 bis 10,36 m) Länge und einer lichten Weite des Flammrohres von 3 Fuß (914 mm). Das Wasser stand 3 bis 8 Zoll (76 bis 203 mm) über dem Flammrohr, dessen Unterkante 5 bis 6 Zoll (127 bis 152 mm) über dem

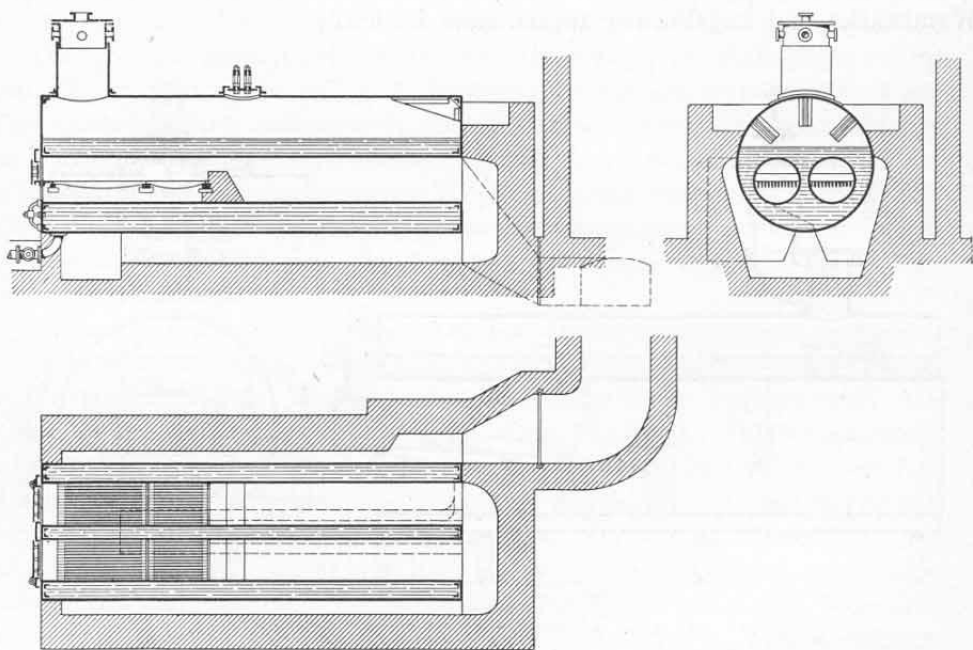


Fig. 480 bis 482. Zweiflammrohrkessel von Piedboeuf-Aachen (50er Jahre).

Kessel lag. Das Kesselblech war $\frac{7}{16}$ Zoll (11,1 mm), das Blech der Feuerplatte und des Flammrohres $\frac{1}{2}$ Zoll (12,7 mm) stark, der Rost lag vorn in der halben Höhe des Flammrohres, hinten 3 bis 4 Zoll (76 bis 101 mm) tiefer; er war 3 bis 7 Fuß (0,9 bis 2,1 m) lang.

Die Feuertüre bewegte sich nicht in Angeln, sondern nach Art eines Schiebefensters senkrecht nach oben; sie war innen mit feuerfesten Steinen ausgemauert und im Gewicht gut ausgeglichen, so daß sie sich leicht bewegen ließ. Die Kessel wurden durch gußeiserne, 5 bis 6 Fuß (1,5 bis 1,8 m) voneinander entfernte Böcke getragen.

Die Heizgase durchströmten das Flammrohr, verteilten sich hinten auf die beiden Seitenzüge, gingen an den Wänden des Kessels entlang nach

vorn, senkten sich dann unter den Kessel, um von hier schließlich durch den Fuchs zum Schornstein zu gelangen.¹⁾

Fairbairn führte 1845 auch Cornwall-Kessel mit zwei nebeneinanderliegenden Flammrohren mit Innenfeuerung aus, die nach ihm lange Zeit auch als Fairbairn-Kessel bezeichnet wurden.

Einen von der ältesten deutschen Dampfkesselfabrik von Piedboeuf in Aachen in den 50er Jahren gelieferten Kessel dieser Bauart zeigen die Fig. 480 bis 482.²⁾ Der Kessel hatte 5 Fuß 6 Zoll engl. (1676 mm) Durchmesser und war 17 Fuß (5,18 m) lang. Jede der Flammröhren hatte 21 Zoll (533 mm) lichte Weite. Die ganze Rostlänge* betrug 6 Fuß (1,83 m). Größere Kessel zeigen 7 Fuß (2,13 m) Durchmesser bei 30 Fuß (9,14 m) Länge und 30 Zoll (762 mm) Flammrohrdurchmesser.

Der englische Ingenieur Galloway suchte eine vergrößerte Heizfläche zu erhalten, ohne die Form des Kessels zu ändern, indem er quer durch das Flammrohr gegeneinander versetzte konische Röhren hindurchführte, die, mit Wasser gefüllt, mitten im Weg der Heizgase lagen. Er erreichte auf diese Weise zugleich eine gute Versteifung des Flammrohres gegen äußeren Druck. Diese Galloway-Kessel wurden in England vielfach ausgeführt und auch auf dem Kontinent gewannen sie einige Verbreitung. In Amerika kamen sie fast gar nicht vor.

Der Trevithick-Kessel verdrängte auch bald die gußeisernen Woolfschen Kessel, bei denen gewöhnlich zwei oder mehr Siederöhren unter dem Kessel angeordnet waren.

Kleinere Woolfsche Kessel bestanden gewöhnlich aus zwei gußeisernen Zylindern mit halbkugelförmigen Enden. Die Stücke wurden in der Mitte durch starke Bolzen zusammengehalten. Gußeiserne Kessel galten anfangs gerade für Hochdruckmaschinen als besonders brauchbar; sie waren bequemer und billiger auszuführen und ließen sich viel leichter dampfdicht herstellen. Man hielt sie auch für dauerhafter, weil Gußeisen viel weniger oxydieren sollte als Schmiedeeisen. Unangenehm wurde ihr riesiges Gewicht empfunden; auch kleine Kessel wogen schon oft 4000 bis 6000 kg.

Doch die gewaltigen Explosionen, die in England immer häufiger wurden, je weiter sich der gußeiserne Kessel verbreitete, ließen die große Betriebs-

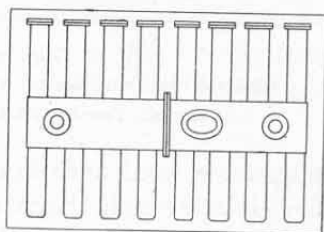
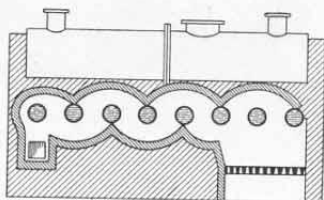


Fig. 483 und 484.
Woolfscher Siederohrkessel.

¹⁾ Bisweilen war noch ein Seitenrohr zu den Kesseln angeordnet, das man aber später wieder wegließ; man kehrte zu der einfachsten Form zurück.

²⁾ s. Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, Bd. I, S. 481.

unsicherheit erkennen. Man lernte einsehen, daß die Wandstärke, auch wenn man mit ihr bis zu 80 mm ging, nicht vor einem Fehler im Guß und seinen fürchterlichen Folgen schützen konnte. Zu der Gefahr, die in dem Gußeisen selbst lag, kam noch oft eine erstaunlich große Sorglosigkeit

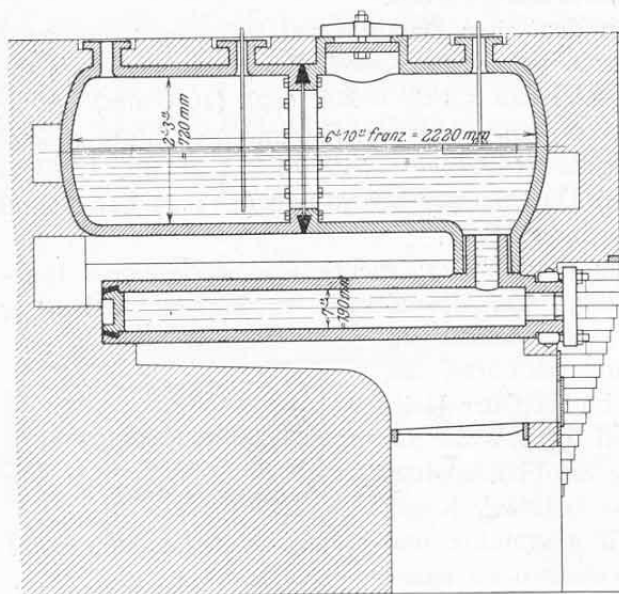


Fig. 485.

Gußeiserner Dampfkessel von Edwards-Paris 1815.

(Nach Bull. d'encour., Bd. 17, Jahr 1818, Tafel 167.)

im Zusammenfügen der einzelnen Teile. Bei der Explosion eines solchen Kessels in Frankreich 1823 wurde z. B. nachgewiesen, daß man die Siederöhren mit dem Oberkessel nur durch Kitt ohne jede Schraube verbunden hatte; diese unglaubliche Nachlässigkeit hatte zwei Menschen das Leben gekostet.

Einen Woolfschen Kessel mit quer zum Oberkessel liegenden Siederöhren zeigen die Fig. 483 und 484. Anfangs waren auch die unteren Röhren von Gußeisen, später wurden sie aus Schmiedeeisen angefertigt. Woolf

pfl egte sie wohl auch in ihrer Höhenlage gegeneinander so zu versetzen, daß die Heizgase sich noch mehr um sie herumwinden mußten.¹⁾

Edwards brachte Woolfsche Kessel mit der Woolfschen Maschine zugleich nach Frankreich, wo er sie 1815 in der durch Fig. 485 dargestellten Form ausführte. Gewöhnlich lagen unter dem Hauptkessel dicht nebeneinander zwei Siederöhre. Diese Kesselbauart verbreitete sich besonders in Frankreich und Belgien; sie hieß lange Zeit auch in England „französischer Kessel“. Das Gußeisen wurde auch hier bald durch Schmiedeeisen ersetzt. Nur die kurzen Verbindungsstücke machte man noch lange aus Gußeisen und führte sie noch bis in die 50er Jahre vielfach in Gestalt der Fig. 486 aus.

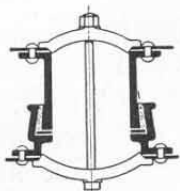


Fig. 486.

Verbindungsstutzen.

Einen von der Edwardschen Maschinenfabrik in Chaillot bei Paris in den 30er Jahren ausgeführten Kessel, für Dampfdrücke von 3 bis 4 at bestimmt, zeigen die Fig. 487 u. 488. Durch Hinzufügen von Siederöhren,

¹⁾ s. Prechtl, Technol. Encycl., Taf. 52.

die neben dem Kessel oder ganz unter ihm zu liegen kamen, wurden diese Kessel im Laufe der Jahre noch mannigfach verschieden ausgebildet.

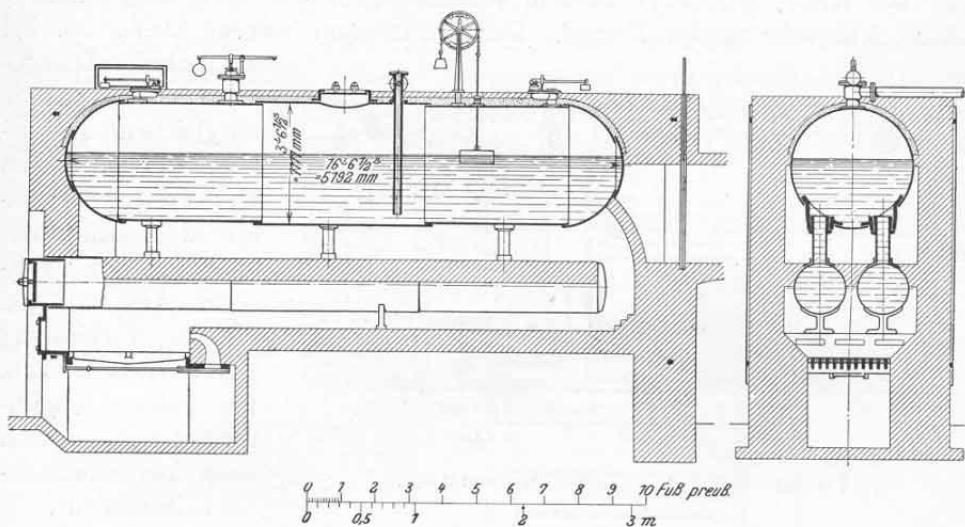


Fig. 487 und 488. Walzenkessel von Edwards-Paris um 1835.

(Nach Nottebohm, Zeichnungen, Berlin 1841.)

In Deutschland fanden mit neuartigen Kesselkonstruktionen besonders der Oberbergrat Henschel in Kassel und Dr. Alban in Plau in Mecklenburg auch über die Grenzen ihres Vaterlandes hinaus viel Beachtung. Henschel erhielt für seinen Kessel den Preis von 6000 Fr., den die Société d'Encouragement in Paris für einen möglichst explosionsicheren Kessel ausgesetzt hatte.¹⁾

Dieser Kessel, Fig. 489 und 490, bestand aus mehreren, 2, 4 bis 6 nebeneinander liegenden Siederöhren, die, fast ganz mit Wasser gefüllt, mit einem an ihrem oberen Ende angebrachten Dampfbehälter in Verbindung standen. Die Röhren waren schräg angeordnet, das Speisewasser wurde am unteren

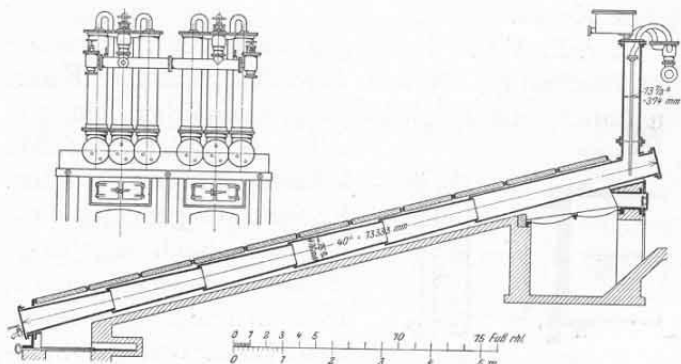


Fig. 489 und 490. Henschel-Kessel 1845.

enden. Die Röhren waren schräg angeordnet, das Speisewasser wurde am unteren

¹⁾ Deshalb sind auch die vollständigen Abbildungen im Bull. de la Soc. d'Encour., Bd. 44, 1845, Taf. 967 bis 969 enthalten.

Ende eingeführt. Der Henschel-Kessel war ein reiner Gegenstromkessel, der mit etwa 8 bis 10 at arbeitete.

Der Kessel galt zwar als sehr betriebssicher, war auch billig, lieferte aber leicht sehr nassen Dampf. Der Dampfraum war zu klein, um bei wechselndem Dampfverbrauch irgendwie ausgleichend zu wirken. Bei dem ersten Kessel waren die Röhren aus Schmiedeeisen und hatten gußeiserne Ansatzstücke, um die Verbindung leichter herzustellen. Bei späteren Ausführungen wurden auch diese aus Schmiedeeisen hergestellt.

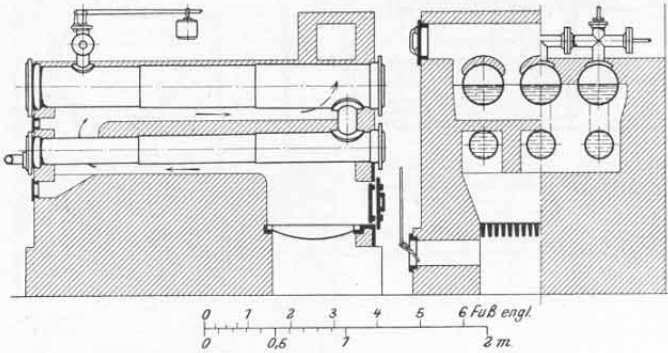


Fig. 491 und 492. Alban-Kessel um 1840.
(Nach Originalzeichnung.)

Die Kessel wurden mit unwesentlichen Veränderungen bis in die 70er Jahre gebaut. Für kleinere Leistungen findet sich wohl auch nur ein verhältnismäßig weites schmiedeeisernes Rohr. Es handelt sich dann um einfache schrägliegende Walzenkessel mit einem als Dampfdom dienenden Standrohr am oberen Ende.¹⁾

Das größte Interesse verdienen die Albanischen Kessel.

Dr. E. Alban hatte sich schon von 1815 an damit beschäftigt, für seine Hochdruckmaschine Kessel zu bauen, die möglichst explosionsicher sein und selbst bei einer Explosion keine Gefahr bringen sollten. Er suchte folgerichtig diese Aufgabe durch engröhrige Wasserrohrkessel zu lösen. Die ersten Albanschen Hochdruckkessel bestanden aus ganz engen, unten geschlossenen Röhren, die in einem

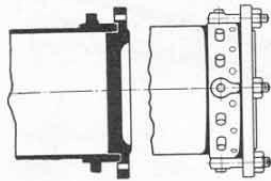


Fig. 493.
Rohrverschluß zu Fig. 491.

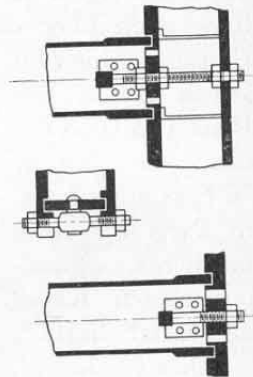


Fig. 494 bis 496.
Rohrverschlüsse zu
Fig. 480.

gußeisernen Kasten von oben hinein hingen und hier von einer durch die Heizung des Kessels flüssig gehaltenen Metallmischung erwärmt wurden.²⁾

Diese Kessel, für sehr hohen Druck von 50 bis 60 at bestimmt, wurden

¹⁾ s. Akten und briefl. Mitteil. von Henschel & Sohn, Kassel.

²⁾ s. Dinglers polyt. Journal 1831, Bd. 39, S. 241 und 329.

bald verlassen. Alban begnügte sich nach dem Vorbilde von Evans mit Dampfdrücken von 8 bis 10 at und erbaute hierfür Röhrenkessel mit wagenrechten oder wenig geneigten Röhren.

Für kleine Maschinen führte Alban Walzenkessel aus, die aus drei oberen, höchstens 1 Fuß (305 mm) weiten Röhren und drei unteren kleineren Röhren bestanden. Die Fig. 491 u. 492 zeigen einen solchen Alban-Kessel für Maschinen bis zu 10 PS. Die Rohrenden waren durch gußeisernerne Deckel in Art der Fig. 493 verschlossen.

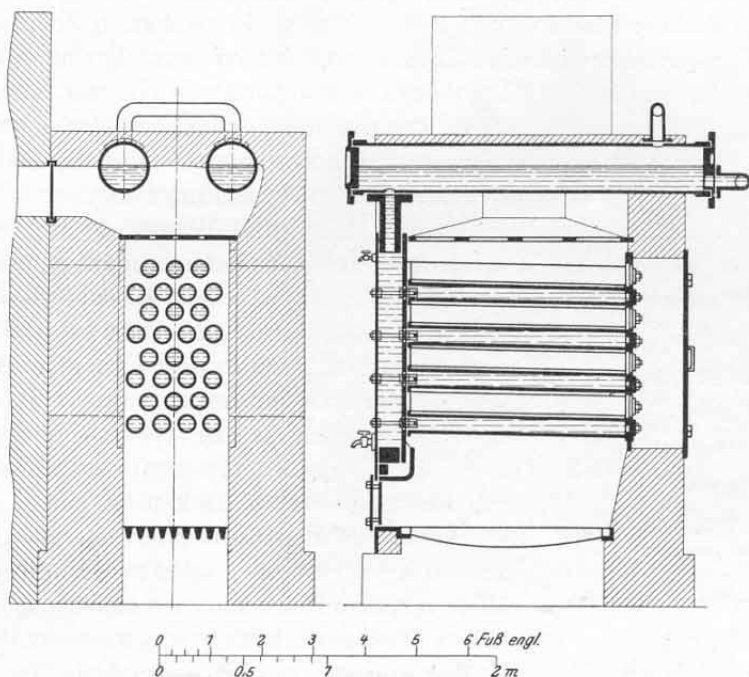


Fig. 497 und 498. Albanscher Wasserrohrkessel um 1840.

(Nach Originalzeichnung.)

Für größere Maschinen führte Alban eigentliche Wasserrohrkessel aus, die, vorzüglich angeordnet und ausgeführt, als Urbild für viele der neuzeitigen Wasserrohrkessel anzusehen sind. Die Fig. 497 bis 505 lassen Anordnung und Abmessungen erkennen.

Alban unterschied bei seinen Kesseln die Entwicklungs- oder Siederöhren, die flachen, die Röhren verbindenden Kammern, die er Herzen nannte, und die auf den Kesseln angeordneten „Separatoren“ und „Recipienten“.

Die Siederöhren waren anfangs aus 2,5 mm dickem Kupferblech mit Schlaglot gelötet, hatten 4 Zoll (102 mm) äußeren Durchmesser und wurden in Längen von 1,29 bis zu 1,9 m verwendet. Das eine Ende war durch eine Schlußplatte in der Weise, wie Fig. 494 zeigt, verschlossen. Zum Rei-

nigen der Röhren konnte die Platte leicht entfernt werden. Mit dem vorderen Ende waren die Röhren in der Kammer so befestigt, daß sie leicht ausgewechselt werden konnten. Das Innere der Röhren mit der Kammer war durch zwei ovale Öffnungen, deren obere für den Dampf, die untere für das Wasser bestimmt war, verbunden; die Röhren waren ein wenig, etwa 1 zu 70, geneigt. Bis zu 6 Röhren lagen in einer Reihe und die einzelnen Rohrreihen so übereinander, daß über die Zwischenreihe der einen Reihe die Rohre der nächsten kamen. Die Herzen waren flache Kammern von 6 bis 8 Zoll (152 bis 203 mm) Tiefe und 40 bis 42 Zoll (1016 bis 1067 mm) Höhe. Die hintere Platte war $\frac{3}{4}$ Zoll (19 mm), die vordere $\frac{1}{2}$ Zoll (12,7 mm) stark. Eine größere Anzahl Stehbolzen dienten zur Verbindung. Als

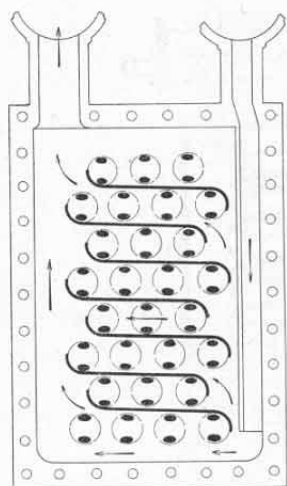


Fig. 499.

Wasserkammer zu Fig. 497.

Seitenwand wurde meistens ein mit den Ansatzröhren aus einem Stück hergestellter sehr starker gußeiserner Rahmen benutzt. Ganz aus Schmiedeeisen hergestellte Herzkammern kamen aber auch vor. Um Dampf und Wasser bessere Führung innerhalb der Wasserkammern zu geben, waren Scheidewände aus starkem Eisenblech, die mit kleinen Leisten an die Hinterplatten angeschraubt waren, angeordnet, Fig. 499. Auf dem Kessel lagen zwei miteinander durch Rohrleitung verbundene geschmiedete weite Röhren von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{8}$ Zoll (6,3 bis 9,5 mm) Wandstärke mit gußeisernem Verschlußdeckel.

Alban legte großen Wert gerade auf den hiermit erreichbaren größeren Dampfraum und führte nicht mit Unrecht den Mißerfolg der englischen Wasserrohrkessel, wie man sie besonders für Dampfwagen vielfach versucht hatte, auf viel zu geringem Dampfraum zurück.¹⁾

Auch Wasserrohrkessel mit zwei Wasserkammern hat Alban einige Jahre später in mustergültiger Weise ausgeführt, sie auch schon für ein kleines von ihm erbautes Dampfschiff benutzt. Die Fig. 500 bis 505 lassen zwei verschiedene Bauarten erkennen. Fig. 501 ähnelt dem vorher besprochenen Kessel, nur ist ein Rohr als Dampfsammler vorhanden. Hier konnte Alban bereits aus England bezogene geschweißte schmiedeeiserne Rohre verwenden. Einen Wasserrohrkessel mit 2 Wasserkammern und 2 Dampfsammlern, Fig. 500, vertritt im deutschen Museum zu München würdig die Lebensarbeit des großen deutschen Ingenieurs auf diesem Gebiet. Der Kessel Fig. 503 bis 505 ist, möglichst vom Mauerwerk unabhängig gemacht, auch als Schiffskessel zu verwenden. Der Rost lag hier quer

¹⁾ s. Alban, Die Hochdruckdampfmaschine, Rostock 1843; Busley, Z. d. V. d. Ing. 1896. S. 1112, hebt Albans große Verdienste um den Wasserrohrkessel hervor.

zu den Röhren, um ihn bequemer bedienen zu können. Die Seitenwände, die statt des Mauerwerkes hier die Röhren einschlossen, waren ebenfalls als Wasserkammern ausgebildet und in geeigneter Weise durch Rohre mit dem Wasserraum der oberen Sammelbehälter verbunden.

1847 suchte Alban um ein preußisches Patent auf diese Kessel nach, wurde aber abgewiesen, weil man früher schon in England Wasserrohrkessel gebaut, auch Alban selbst in seinem Buche „Die Hochdruckdampfmaschine“ Wasserrohrkessel bereits beschrieben habe. „Nur die Form“ sei anders, und die werde nicht patentiert.¹⁾

In seinem Werke „Die Hochdruckdampfmaschine“ bringt Alban eine ausführliche Darlegung seiner Erfahrungen und Ansichten über die besten Kessel, die überall das klare, tiefgehende Verständnis erkennen läßt. Alban war aber nicht zufrieden, nach richtigen theoretischen Grundlagen seine Kessel zu bauen, sondern er verwendete auch größte Sorgfalt auf die Ausführung. So ließ er schon in den 30er Jahren, als noch vielfach in rohester Weise die Nietlöcher durchgeschlagen wurden, die Löcher in seinen Kesselblechen sauber bohren, genau ausreiben und sorgte dafür, daß der Nietbolzen das Loch gut ausfüllte und die Nietköpfe genau anlagen. Er war stolz darauf, daß seine Kessel gleich anfangs der Druckprobe genügten. Kleine Undichtheiten suchte er durch Kitt, den er von innen einstrich, damit der Dampf ihn noch weiter in die Fugen einpressen konnte, abzuhefen. So gebührt Alban das Verdienst, die ersten praktisch brauchbaren

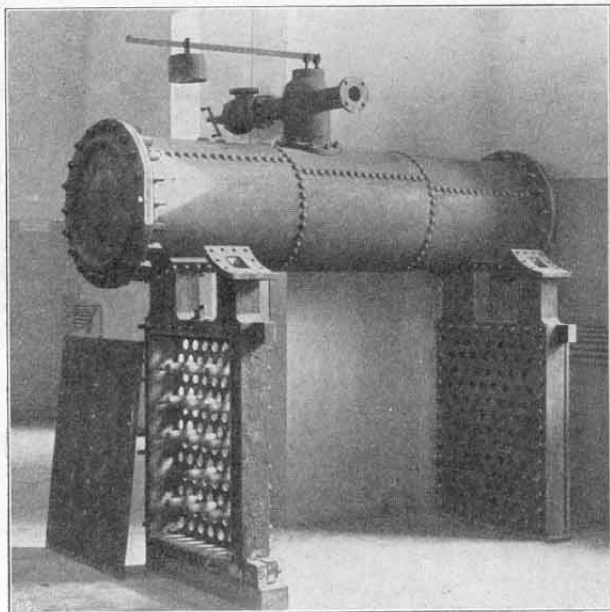


Fig. 500. Albanscher Wasserrohrkessel.

(Deutsches Museum, München.)

¹⁾ Alban machte dagegen geltend, daß nach dieser Logik auch ein Baumeister nichts Neues, Originelles schaffen könne, weil er Kalk und Steine und Holz usw. zu seinen Bauten anwende und diese auch „auf die übliche, bereits bekannte Weise“ verbinde. Dann wäre keine Maschine patentfähig, da ihre Einzelteile fast stets bekannt seien (s. Akten zu Plau). Interessant ist, daß Dr. Alban schon 1835 auf die Idee kam, „den Dampf im Kessel etwas zu überhitzen, um ihm so einen höheren Grad von Elastizität zu geben“.

Wasserrohrkessel in die Praxis eingeführt zu haben. Als Erfinder der Wasserrohrkessel hat er sich selbst nicht angesehen; er kannte zu genau die Literatur, um nicht zu wissen, daß man auch lange vor ihm schon versucht hatte, Wasserrohrkessel zu bauen.

Schon Blakey hatte 1756 eine mit Wasser gefüllte Rohrschlange in den Heizraum gelegt und als Kessel benutzt.¹⁾

Auch Stevens von Hoboken hatte 1804 bereits einen Wasserrohrkessel, der aus 100 zwei Zoll weiten Röhren bestand, für ein Dampfschiff ausgeführt, der seiner eigentümlichen Form nach als „Stachelschwein“-Kessel bezeichnet

wurde. In den 20er Jahren des vorigen Jahrhunderts versuchte man besonders eifrig, als man für Dampfmaschinen leichte Kessel nötig hatte, Wasserrohrkessel zu erfinden.

Aber alle diese Bestrebungen hatten wenig Erfolg, weil sie, wie Alban ausführte, weder gute Wasserabscheider noch getrennte ausreichende Dampfsammler besaßen. Erst Alban gelang es, die Aufgabe zu lösen

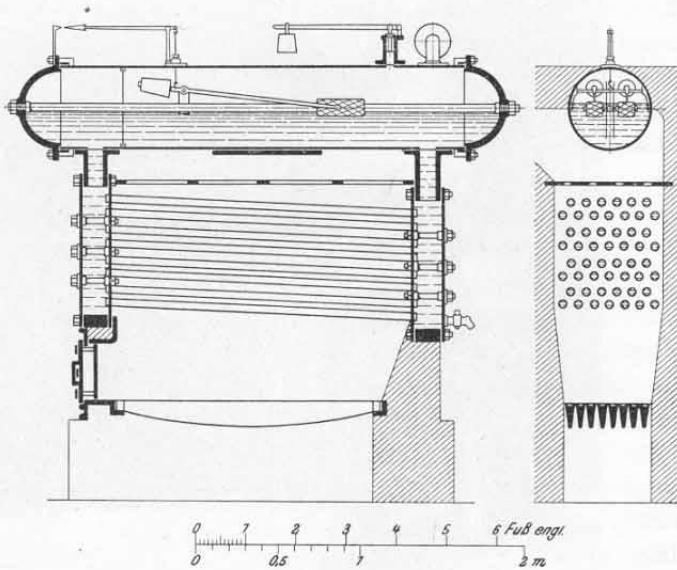


Fig. 501 und 502.

Wasserrohrkessel mit zwei Kammern von Alban 1847.

(Nach Originalzeichnung von E. Alban in Plau.)

und nur sein geringes kaufmännisches Geschick und das damals noch unbedeutende Bedürfnis nach Kesseln für höheren Dampfdruck verhinderten den wirtschaftlichen Erfolg.

Neben den Wasserrohrkesseln entstanden etwa gleichzeitig mit ihnen, besonders veranlaßt durch das Bedürfnis der Lokomotive nach möglichst leichten Kesseln, die Heizrohrkessel, auch Lokomotivkessel genannt, weil sie bei ihnen sehr schnell Aufnahme fanden.²⁾ In Frankreich wurden Heizrohrkessel von Marc Séguin zuerst angewandt, in England von Booth.

¹⁾ s. Stuart, Steam engine, S. 88.

²⁾ Der Heizrohrkessel geht bis auf Papin 1695 zurück, der in einem Briefe an einen Grafen Sayn-Wittgenstein eine Methode, Flüssigkeit zu verdampfen, angibt, die darin besteht, daß durch den Kessel ein Rohr mit mannigfachen Windungen so angeordnet ist, daß die Heizgase es durchströmen können. Papin versprach sich davon eine beträchtliche Brennstoffersparnis. In Kassel wurden Versuche an einem 8 Fuß

Ihre Entwicklung wird bei den Lokomotiven besprochen; sie stellen im Grunde nichts anderes vor, als eine Auflösung des Trevithickschen Flammrohres in eine große Anzahl dünner Röhren.

Alle die heute vorkommenden Kesselbauarten lassen sich in ihrem Stamm- baum auf die bisher erwähnten Kesselsysteme zurückführen. Durch Ver- bindung der einzelnen Kesselarten, durch mannigfach verschiedene Aus- führung einzelner Teile, hat man aber auch auf diesem Gebiete für sehr reichhaltige Auswahl gesorgt.

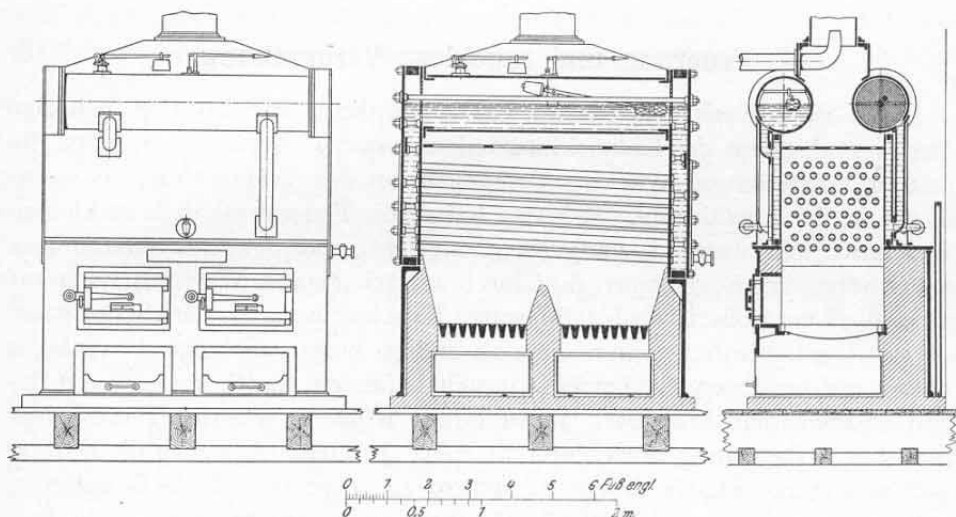


Fig. 503 bis 505. Wasserrohrkessel von Alban 1847.

(Nach Originalzeichnung von E. Alban in Plau.)

Besonderes Verdienst um die weitere Entwicklung gebührt der aus- führenden Werkstatt. Die Herstellung wurde vollkommenet, die Abmessungen den tatsächlichen Beanspruchungen immer mehr angepaßt. Ausgiebige Ver- suche über die Festigkeit des Materials, auch bei verschiedenen Tempera- turen, gaben erst nach und nach den nötigen Anhalt hierzu.

Von allen Kesselbauarten fanden die Flammrohrkessel die größte Ver- breitung.

Ende der 50er Jahre waren von 1200 Dampfkesseln der Fabrikbezirke Lancashire und Yorkshire¹⁾:

(2,44 m) langen und 5 Fuß (1,52 m) breiten Kessel angestellt, durch den ein Rohr von 10 Quadratzoll Querschnitt (90 mm Durchmesser) in vier Windungen hindurchging.

s. D. Papin, Recueil de diverses pièces touchant quelques nouvelles machines et autres sujets philosophiques, Kassel 1695, S. 31.

¹⁾ s. Artizan, Febr. 1860. Untersuchung von Dampfkesseln, angestellt von Longridge, Obering. d. Gesellsch. zur Verhütung der Kesselexplosionen.

0,4	v. H.	Wattsche Kofferkessel,
2,6	„	Fischmaulkessel,
6,0	„	Walzenkessel mit Außenfeuerung,
75,0	„	Flammrohrkessel,
2,0	„	Rauchröhrenkessel mit Innenfeuerung,
6,5	„	Galloway-Kessel,
7,5	„	Heizröhrenkessel.

4. Feuerung und rauchlose Verbrennung.

Nicht minder als der Kessel hat auch die ganze zu ihm gehörige Feuerungsanlage an der Entwicklung teilgenommen. Auch hier führten die unklaren Vorstellungen von den Vorgängen bei der Verbrennung zu vielen Fehlern in der Ausführung. Meistens hatten die Feuerungskanäle zu kleinen Querschnitt und waren so ungünstig angelegt, daß eine unvollkommene Verbrennung die Regel war, die durch unsachgemäße Wartung noch oft beträchtlich vergrößert wurde. Schwarze Rauchwolken, die dem Schornstein in Massen entströmten, waren die notwendige Folge. Solange die Anlagen draußen auf einsamen Grubenfeldern sich befanden, hatte man wenig dagegen einzuwenden, besonders, wenn billige Kohlenpreise den Luxus einer schlechten Verbrennung noch unterstützten. Je mehr aber auch die Dampfmaschinen in die Städte drängten, um so mehr erregte diese Belästigung der Einwohner Ärger und Verdruß. In London begann man sich sehr entschieden dagegen zu wehren, und auch die Erlaubnis, die erste Dampfmaschine in Berlin zu errichten, wurde zwölf Jahre aufgehalten, weil Anwohner gegen den Steinkohlendunst, dieses „tötende Ungemach“, scharfen Einspruch erhoben.

Deshalb suchte man von Watt an eifrigst nach einer „vollkommen rauchlosen Verbrennung“. Zahllos sind die Ideen, die auftauchten, auch patentiert wurden, um nach wenigen Anwendungen wieder vergessen zu werden. Die großen technischen Vereine, die Polizei und die Gesetzgeber beschäftigten sich angelegentlich mit dem Rauchen der Schornsteine. Die ersten setzten hohe Belohnungen auf brauchbare Mittel, diesen Rauch zu verhindern, die anderen untersagten einfach auf dem Wege der Verordnung oder gar durch Gesetze den Schornsteinen das Rauchen. Weder Belohnung noch Strafe aber hatten den gewünschten Erfolg. Rauchwolken entstiegen meistens nach wie vor den Schornsteinen.

Bis 1859 wurden in England allein 447 Patente auf Kessel und nicht weniger als 439 auf Feuerungen erteilt; davon bezogen sich allein 185 ausdrücklich auf rauchlose Verbrennung.

Die zahllosen Mittel, die vorgeschlagen und teilweise auch ausgeführt wurden, bestanden entweder in mechanisch bewegten Brennstoffverteilern

oder anderen Beschickungsvorrichtungen oder in einer Anordnung der Feuerungsanlage, bei der die frischen Kohlen zuerst mehr oder weniger vergast und der Rauch über der glühenden Kohle verbrannt wurde. Die Roste suchte man in verschiedener Weise auszubilden; auch in das Feuer eingblasener Dampf wurde benutzt.

Watt hatte 1785 schon eine rauchlose Verbrennung sich gesetzlich schützen lassen, bei der durch ein zweites Feuer der Rauch verbrannt werden sollte. Bei den Albion-Mühlen in London hatte er einen schrägen Füllschacht und schrägen Rost verwendet, mit dem bei vorsichtiger Wartung und nicht backender Kohle der Rauch wesentlich vermindert wurde.¹⁾ Auch die Schornsteine der Sohoer Fabrik waren dadurch bekannt, daß sie wenig Rauch sehen ließen.

Besonders eifrig beschäftigten sich die Erfinder mit den mechanischen Verteilungsapparaten. Es wurden Kurbelstangen angeordnet, die zwischen den Roststäben sich bewegten und die Kohlen vorwärts stießen. Oder man ordnete unter den Fülltrichtern zwei kleine Speisewalzen an, durch die die Kohlen in bestimmter Korngröße auf ein kleines Flügelrad fielen, das sie gleichmäßig auf den Rost zu werfen hatte. Auch schrägliegende Roste, die durch einen besonderen Antrieb in schüttelnde Bewegung gesetzt wurden, kamen vor.

1819 erregte Brunton in England mit einem Drehrost Aufsehen, der anfangs vielfach benutzt wurde, so z. B. in der Bank von England in London. Der Rost bestand aus einer großen Scheibe, die, von einem Fülltrichter aus regelmäßig beschickt, langsam von der Maschine aus gedreht wurde. Die ganze Einrichtung war aber viel zu verwickelt und zu teuer, um dauernd benutzt werden zu können.

In den 30er Jahren finden sich auch schon sog. Kettenroste, die von dem Engländer Juckes erfunden, von dem Franzosen Tailfer nach Frankreich eingeführt, dort zuerst sich ziemlich verbreiteten. Die ganze Rostanlage bestand hier aus einer endlosen Kette, die über zwei Scheiben lief; das Ganze ruhte auf zwei Rädern und konnte bequem unter dem Kessel hervorgezogen und gereinigt werden. Auch der Treppenrost entstand in den 30er Jahren.

Mit diesen Feuerungen suchte man zeitweise auch noch Regulierungsapparate, durch die man die Menge der Kohlen von dem Wasserstande im Kessel oder dem Dampfdruck abhängig machen wollte, zu verbinden. So entstanden eine große Anzahl von Vorrichtungen, die ebenso sinnreich ausgedacht als praktisch unbrauchbar waren.

Auch künstlicher Zug durch Gebläse wurde schon früh angewendet. Bereits Papin hatte ihn empfohlen. Braithwaite und Ericcson wandten Gebläse bei ihren Lokomotiven an, ebenso Trevithick bei seinen ersten Dampfswagen. Hiervon wurde der künstliche Zug auch auf ortsfeste Anlagen, ohne jedoch viel Verbreitung zu finden, übertragen.

¹⁾ Eine Abbild. ist enthalten in Z. d. V. d. Ing. 1896, S. 1017, Ernst, James Watt.

Von allen diesen mannigfachen Einrichtungen und Apparaten wollte man bei großen Anlagen im allgemeinen sehr wenig wissen. In den Cornwall Grubenbezirken wurden alle mechanischen Vorrichtungen, die die Aufmerksamkeit der Kesselwärter mehr oder weniger unnötig machen sollten, grundsätzlich abgelehnt.

Auch Dr. Alban mit seinem hohen praktischen Verständnis urteilte über alle diese Apparate, sie seien zu teuer, zu verwickelt, könnten leicht zerstört werden und seien oft in Unordnung. Die rauchverzehrenden Apparate, meinte Alban, hätten den einzigen Fehler, daß sie den Rauch eben nicht verzehrten. Rühlmann, den eine Studienreise gerade zu der Zeit nach England führte, wo das Gesetz von 1853, nach welchem das Rauchen der Schornsteine in London verboten war, in Kraft trat, berichtete, „daß man noch keine Mittel und Anordnungen kenne, welche in solchem Grade befriedigen, daß sie allgemein empfohlen werden können.“

Die englischen Ingenieure halfen sich einfach dadurch, daß sie Anthrazitkohlen und Koks feuerten und die größte Sorgfalt auf die Beschickung des Feuers durch den Heizer verwandten. Ein guter Heizer galt nicht mit Unrecht als die beste rauchlose Verbrennung.¹⁾

5. Kesselarmatur.

a) Sicherheitsvorrichtungen.

Papin hatte bereits bei seinen Versuchen mit hochgespannten Dämpfen, bei dem Papinschen Topfe, Ventile angeordnet, die unter Zwischenschalten eines Hebels durch Gewichte dem höchsten Dampfdrucke entsprechend belastet wurden. Es war selbstverständlich, daß Papin diese Sicherheitsventile auch auf seine Dampfkessel übertrug. Saverys Dampfkessel hatten in der ersten Zeit die Sicherheitsventile noch nicht, erst Desaguliers führte sie ein. Von da an blieben sie ständige Bestandteile aller Dampfkessel und nahmen an der Entwicklung teil. Auch sie weisen die verschiedenartigsten Ausführungen auf. Hauptsächlich gingen die Meinungen zuerst über die Dichtungsflächen auseinander; die einen hielten ebene Sitzflächen, die anderen kegelförmige für das einzig richtige. Bei eisernen Ventilen hatte man mit dem Festrost zu tun; ebenso gefürchtet war aber auch bei den Rotgußventilen das sog. „Festkleben“. Es soll nicht selten vorgekommen

¹⁾ Die Literatur über Rauchverbrennungsapparate ist ganz ungemein reichhaltig. Dr. Alban gibt in seiner Hochdruckdampfmaschine eine ziemlich ausführliche Literaturangabe bis etwa 1840. Besonders ausführlich wird die Rauchverbrennung auch behandelt in William Prize, Essay on the Prevention of the Smoke Nuisance, London 1856, deutsch von Wedding. s. Verhandl. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbfl. in Preußen 1857, S. 36. Ferner Dr. Seyferth, Die verschiedenen Rauchverbrennungseinrichtungen, Dresden 1860.

sein, daß man Sicherheitsventile erst durch mehrere Hammerschläge lösen mußte. Die Ansicht, daß solche Sicherheitsventile ihren Namen mit Unrecht trugen, erwiesen zahlreiche Explosionen als nur zu berechtigt. Man schlug deshalb sogar vor, von der Maschine aus die Ventile in der Weise „anzutreiben“, daß sie in regelmäßigen Zeitabständen von etwa fünf Minuten ein wenig gehoben wurden.

Neben gewöhnlichen Tellerventilen versuchte man auch Kolben, die durch den Dampfdruck bis in einen erweiterten zylindrischen Raum gehoben wurden und so den Dampf abströmen ließen, anzuwenden. Auch einfache Kugelventile wurden ausgeführt. Frühzeitig erkannte man, daß in Stopfbüchsen gleitende Teile bei Sicherheitsventilen zu vermeiden wären.

Die Größe der Sicherheitsventile wurde vielfach nach der von der Behörde aus vorgeschriebenen Formel berechnet. Die Gewichtsbelastung geschah gewöhnlich unter Zwischenanordnung eines Hebels, aber auch die unmittelbare Belastung des Ventiltellers kam besonders bei den Niederdruckmaschinen häufig vor.

Durch Dampfswagen und Lokomotiven kamen auch federbelastete Sicherheitsventile in Aufnahme, denen lange Zeit großes Mißtrauen entgegengebracht wurde, weil man die Federn für zu unzuverlässig hielt.¹⁾

Die Kesselwärter waren oft nur schwer von der Bedeutung eines Sicherheitsventiles für gefahrlosen Betrieb zu überzeugen. Immer wieder mußten Explosionen darauf zurückgeführt werden, daß der Heizer die Gewichtsbelastung geändert hatte. Das Gefühl für die große Gefahr konnte nur nach und nach durch Unglücksfälle den Wärtern beigebracht werden. Es war deshalb ganz zweckmäßig, daß z. B. die preußische Bergbauverwaltung anfangs die Berichte, die über Kesselexplosionen in den englischen Zeitungen erschienen, abschreiben und den Kesselwärtern amtlich vorlegen ließ.

Neben den Sicherheitsventilen wandte man auch sog. elastische Sicherheitsteile an. So wurden z. B. oben am Kessel schwächere Platten eingesetzt, die bei höherem Dampfdruck zerreißen und den Dampf entweichen lassen sollten. Perkins benutzte bei seinen Hochdruckkesseln ein schwaches Rohrstück, den sog. „Sicherheitssack“, für diesen Zweck. Weitere Verbreitung konnten diese Vorrichtungen nicht finden, da es natürlich unmöglich war, die Stärke dieser Sicherheitsteile genau dem Dampfdruck entsprechend zu bestimmen. Das Standrohr bei den Niederdruckkesseln, sowie die offenen Quecksilbermanometer bildeten gleichfalls Sicherheitsvorrichtungen.

Neben diesen Einrichtungen, die bei vergrößertem Druck in Tätigkeit

¹⁾ In den 50er Jahren suchte man dem Übelstande der Sicherheitsventile, daß bei ihnen der Dampf während des Ausströmens die Kraft verliert, um das Ventil lange und weit genug zu öffnen, durch Konstruktionen abzuwehren, bei denen der auströmende Dampf von dem Dampfe, der das Ventil im Gleichgewicht zu halten hatte, getrennt war. Zuerst von Bodmer ausgeführt, fanden sie auch in Deutschland einige Nachahmung; s. Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, Bd. 1, S. 500.

traten, wurden auch Apparate versucht, die von der Temperatur abhängig waren. Vorrichtungen, die auf einfacher Längenausdehnung eines Metallstabes, der ein Ventil öffnen sollte, wirkten, ließen sich nicht einführen, weil ihre Wirkung zu empfindlich war. Dagegen wurde vielfach die Schmelzbarkeit gewisser Metallgemische benutzt. Die erste Idee hierzu scheint v. Reichenbach gegeben zu haben. Besonders beliebt waren Mischungen von Wismut, Blei und Zinn. Die älteren Lehrbücher enthalten Tabellen, die das Mischungsverhältnis, die Temperatur und den dazugehörigen Dampfdruck angeben. Auch diese Sicherheitsvorrichtungen wurden in der verschiedensten Weise verwendet; bald waren sie am Boden, bald am Deckel des Kessels angeordnet oder wurden mit einem Ventil, das sich öffnete, sobald das Schmelzen eintrat, verbunden.

Alle diese Vorrichtungen wirkten gegen den inneren Überdruck. Bei den Niederdruckkesseln mit den großen flachen Wänden lag aber auch die Gefahr nahe, daß beim Stillstand des Kessels nach Kondensation der Dämpfe der äußere Luftdruck den Kessel zusammendrückte. Hier fanden sich deshalb auch Sicherheitsventile gegen den äußeren Luftdruck, die sich nach dem Kesselinnern zu öffneten und der äußeren Luft den Eintritt gewährten, sobald der Druck im Innern unter Atmosphärendruck fiel.

b) Manometer.

Wesentlich war es, nicht nur die höchste Grenze des Druckes durch die Sicherheitsventile zu erfahren, sondern ständig sich über den im Kessel vorhandenen Druck zu unterrichten. Hierzu dienten ganz nach Art der gewöhnlichen Barometer eingerichtete Quecksilber-Druckmesser, bei denen also der Dampfdruck einer Quecksilbersäule das Gleichgewicht hielt. Bei den Niederdruckkesseln, bei denen der Dampfdruck kaum eine Atmosphäre überstieg, war die Ausführung dieser Apparate leicht. Bei höherem Dampfdrucke wurde das Instrument unbequem. Man suchte sich auf verschiedene Weise durch sog. Luftmanometer, Differentialmanometer, offene Kolbenmanometer usw. zu helfen.¹⁾

Da das Glas dieser Manometer sehr leicht zerbrach, nahm man eiserne Röhren und ließ durch kleine in dem Quecksilber schwimmende Stäbchen die Höhe des Druckes anzeigen.

Evans und Watt wandten auch bereits Druckmesser an, bei denen der Dampfdruck unter Zwischenschalten eines Kolbens auf eine Feder wirkte und einen Zeiger so bewegte, daß man an seinem Ausschlage den Druck erkennen konnte. Sie galten aber als wesentlich unsicherer wie Quecksilbermanometer und wurden anfangs nur selten angewandt. Einen wesentlichen Fortschritt bedeuteten die Metallmanometer von Bourdon und Schinz, die in der Hauptsache aus einer gebogenen Messingröhre mit elliptischem Querschnitt, deren Gestalt sich durch den Dampfdruck änderte,

¹⁾ s. Weisbach, Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, II. Teil, 1865, S. 960.

bestanden. Bei den Metallmanometern von Schäffer und Budenberg wurde die Spiralaröhre durch eine wellenförmige Stahlplatte ersetzt.

Auch durch Thermometer suchte man mittelbar den Dampfdruck zu bestimmen. Sie wurden von oben durch eine Stopfbüchse in den Kessel gehängt und durch eine metallene Hülle vor dem Zerschlagen geschützt.

c) Speisevorrichtung und Wasserstandsanzeiger.

Bei den Niederdruckkesseln wurde allgemein eine von Brindley herührende selbsttätige Speisevorrichtung angewendet. Das Speiserohr wurde dabei etwa 8 Fuß (2,44 m) über den Kessel hoch geführt; es hatte an seinen Enden eine entsprechende Erweiterung, die von einer kleinen Pumpe stetig mit Wasser versorgt wurde. Ein Kegelventil schloß die Röhre ab; es war mit einem Schwimmer im Kessel so verbunden, daß es, sobald der Wasserstand unter das festgesetzte Maß sank, geöffnet wurde und das Speisewasser in den Kessel ließ. Als man mit dem Dampfdrucke stieg, wurden diese Speisevorrichtungen wegen des langen Standrohres zu unbequem; man ging zu Druckpumpen über, die vielfach unmittelbar von der Maschine aus betrieben wurden, doch kamen frühzeitig schon bei größeren Anlagen selbstständige Dampfpumpen zum Kesselspeisen vor.

Als Wasserstandsanzeiger waren anfangs nur zwei Probierhähne im Gebrauche. Später kam bei den Niederdruckkesseln ein Schwimmer hinzu. Meistens wurde ein schwerer Körper, der nicht alle wallenden Bewegungen des Wassers mitmachte, gewöhnlich ein Sandstein, benutzt, der mit einer Kette an das Ende eines doppelarmigen Hebels befestigt und durch ein Gewicht, das am anderen Hebelende angriff, so ausgeglichen wurde, daß er etwa bis zur Hälfte im Wasser einsank. Eine an den Hebelenden angebrachte Maßteilung ließ den Wasserstand von außen erkennen.

Bei den Schwimmern machten die Einzelteile, wie Stangen, Drehachsen, Stopfbüchsen, oft Schwierigkeiten; sie verhinderten die leichte Beweglichkeit. Man suchte deshalb sogar Magnete anzuwenden, die auf eine außen angebrachte Magnetnadel wirkten; die Apparate waren aber zu teuer, um sich dauernd einführen zu können. Mit dem Schwimmer wurde vielfach auch eine Signalvorrichtung, besonders beliebt war die Dampfpeife, verbunden.

Auch Wasserstandsgläser kommen schon bei Watt vor. Sie erwarben sich anfangs wenig Freunde; sie zerbrachen leicht und störten den Betrieb. Man suchte sie durch eine zweite Glasröhre zu schützen, wendete mehr Sorgfalt auf die Herstellung des Glases selbst an und verbesserte die Befestigung des Glases mit dem Kessel. Anfangs waren unmittelbar kleine Rohrstutzen an der Kesselwand angebracht und eingekittet. Später nahm man weite gußeiserne Teile, die eine starre Verbindung der beiden Glasröhrenden gewährleisteten.

6. Der Betrieb des Kessels.

Auch im Betriebe des Kessels waren anfangs große Schwierigkeiten zu überwinden. Ungeschultes Personal mußte unter Leitung von Beamten, die selbst keine Erfahrungen besaßen, den Dienst verrichten und sich mühsam durch viele Fehler Kenntnisse erwerben. Kein Wunder, daß die so schwer erworbenen Kenntnisse in geheimnisvollster Weise gehütet wurden.

Besondere Schwierigkeiten bereitete von Anfang an der Kesselstein. Auch bei der ersten deutschen Dampfmaschine wurde die erste Betriebsunterbrechung darauf zurückgeführt. Der Kessel brannte durch und zur größten Verwunderung fand man „darinnen ein festes Gebirge wohl an die 20 Zoll (508 mm) hoch.“ Von einer unglaublichen Mannigfaltigkeit waren auch die Mittel gegen den Kesselstein. Man versuchte oft in sehr merkwürdiger Form auch wissenschaftlich den festen Glauben an die Unfehlbarkeit jedes Mittels zu stärken. Es wurden entweder chemische Mittel (Soda, Ammoniak usw.) oder mechanisch wirkende Mittel angewandt. Man suchte auch durch Anstrich der Kesselwände mit Talg, Graphit usw. wenigstens das Festsetzen des Kesselsteines an den Wänden zu verhüten. Wer so radikal vorging, Salzsäure zu verwenden, wie das auch öfters empfohlen wurde, hatte wohl oft den Erfolg, nicht nur den Kesselstein, sondern auch die Kesselwand zu vernichten. Viele von den Mitteln haben bei weitem mehr geschadet als genützt.

Man brachte auch flache Tröge oder Platten in einiger Entfernung über dem Boden an, an denen sich die Unreinigkeiten festsetzen sollten; so hatte auch Bückling schon bei den zwei Kesseln der Hettstedter Maschine Holzlattenböden angewendet und sie auch anderen Maschinenbauern, u. a. Holtzhausen warm empfohlen. Eins der beliebtesten Kesselsteinmittel waren Kartoffeln; über die Menge, die nötig war, gingen die Ansichten oft sehr auseinander. Ältere Lehrbücher enthalten vielfach Angaben über die Menge der Kartoffeln, die für 1 PS nötig waren. Die Wirkung erklärte man dadurch, daß der schleimige Kartoffelbrei die aus dem Wasser niedergeschlagenen Bestandteile schwebend erhalte.

Auch kleine Metallkörner, Kügelchen oder dünne Blechteilchenabfälle warf man in den Kessel; sie sollten durch die fortwährende Bewegung, worin das wallende Wasser sie erhielt, die Ablagerung des Kesselsteins mechanisch verhindern und zugleich noch die Heizfläche vergrößern. Borsig hielt dies 1840 noch für eines der besten der bisher empfohlenen Mittel. Ferner wurden noch Blauholzextrakt, Gerberlohe, Torf, Dünger, abgefallene Blätter und sogar Austernschalen als „beste“ Kesselsteinmittel empfohlen. Es hat lange gedauert, ehe man sich überzeugte, daß es ein Universalmittel gegen Kesselsteinbildung nicht gibt. Den größten Fort-

schritt bedeutete hier die Einführung der Wasserreiniger, die zuerst 1862 auf der Londoner Ausstellung erschienen und damals auf deutsch „Hydratmopurificatoren“ hießen.¹⁾

7. Bestimmungsgrößen und Betriebsergebnisse.

Sehr auseinander gingen die Meinungen über die Größe der Kessel, bezogen auf die von ihnen geforderte Dampfentwicklung. Hier blieb zunächst nichts anderes übrig, als reine Erfahrungswerte, die auch verschieden genug ausfielen, aufzustellen. Watt war auch hier der erste, der feste Beziehungen seinen Ausführungen zugrunde legte, die für lange Zeit als maßgebend angesehen wurden.

Watt rechnete für 1 Qu.-Fuß Kesselheizfläche 3,6 Kubikfuß Dampf, das wären stündlich 39,6 kg für 1 qm Heizfläche. Da man für 1 PS in der Minute 36,3 Kubikfuß (37 kg/st) als Dampfverbrauch annahm, so ergab sich die Heizfläche für 1 PS zu 10 Qu.-Fuß engl. (0,929 qm). Anfangs hatte Watt nur 8 Qu.-Fuß (0,743 qm) für genügend gehalten. In Deutschland war man öfters damit nicht ausgekommen und hatte 16 bis 20 Qu.-Fuß engl. (1,486 bis 1,858 qm) für 1 PS nötig gefunden.²⁾

In Westfalen galt noch in den 40er Jahren als gebräuchliche Werkmannsregel für 1 PS 1 Qu.-Fuß Rostfläche, 10 Qu.-Fuß Heizfläche und 10 Pfd. Kohlen in einer Stunde.

Smeaton stellte als Ergebnis ausgedehnter Versuche mit atmosphärischen Maschinen Tabellen auf, aus denen die Heizfläche für die einzelnen Maschinengrößen zu ersehen war. Die Heizfläche in den seitlichen Zügen war mit Rücksicht ihrer geringeren Wirksamkeit nur zur Hälfte eingesetzt.

Danach wurde für die kleinste Maschine von 12 Zoll (305 mm) Zylinderdurchmesser, die $16\frac{1}{2}$ Hübe von je 4 Fuß (1,22 m) in der Minute machte, ein Kessel von 6 Fuß (1,83 m) Durchmesser mit $37\frac{1}{2}$ Qu.-Fuß (3,48 qm) Heizfläche gewählt, der 0,74 Bushel (zu 84 lbs.) Kohlen (28,2 kg) in der Stunde verbrauchte. Die größte Maschine, 72 Zoll (1829 mm) Durchmesser, 9 Fuß (2,74 m) Hub, mit 9 Hüben in der Minute, hatte zwei Kessel von je 12 Fuß (3,65 m) Durchmesser mit zusammen 530 Qu.-Fuß (49,2 qm) Heizfläche.

Redtenbacher gab 1852 1,5 qm Heizfläche für 1 PS bei Landmaschinen an und rechnete für 1 qm Heizfläche stündlich 24 kg Dampf.

Watt nahm ferner den Dampfraum im Kessel mindestens gleich dem

¹⁾ s. Öst. off. Bericht über d. Weltausstellung zu Paris 1867, S. 84.

²⁾ Den Umrechnungen ist das spez. Gewicht des Dampfes bei Wattschen Maschinen zu rund 0,6 kg/cbm (rund 1 at), bei Cornwall-Maschinen zu 2,16 kg/cbm (4 at) zugrunde gelegt.

aachtfachen Zylinderinhalt an. Später ging man auf das zwölf- bis zwanzigfache oder nahm den Dampfraum gleich 0,4 vom ganzen Kesselinhalt.

Rostfläche. Watt rechnete $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ Qu.-Fuß (0,062 bis 0,0697 qm) Rostfläche für 1 PS, später in der Regel 1 Qu.-Fuß (0,093). Redtenbacher empfahl 0,1 qm Rostfläche für 1 PS und rechnete 50 kg Steinkohlen stündlich auf 1 qm Rostfläche. Die Luftfläche zwischen den Roststäben nahm Watt gleich $\frac{1}{7}$ der ganzen Rostfläche, den Schornsteinquerschnitt gleich $\frac{1}{6}$ der Rostfläche. Die Höhe der Schornsteine schwankte zwischen 60 bis 120 Fuß (18,3 bis 36,6 m).

Später bemühte man sich, durch sorgfältige, lange Versuche mehr Klarheit über das gegenseitige Verhältnis dieser Abmessungen sich zu verschaffen. Besonders berühmt wurden die ausgedehnten Vergleichsversuche zwischen Cornwall- und Wattschen Kesseln, die Wicksteed in den Londoner Wasserwerken anstellte und 1841 ausführlich veröffentlichte.¹⁾

Danach wurden bei langsamer Verbrennung 2,475 Pfd. Kohlen stündlich auf 1 Qu.-Fuß (12,08 kg/qm) Rostfläche verbrannt und mit 1 kg Kohlen 8,258 kg Dampf erzielt. Bei schneller Verbrennung wurden Werte von 5,013 und 8,605 erhalten. Das Speisewasser hatte 80° F. (26,8° C.).²⁾

An den vergleichenden Versuchen zwischen Kesseln der Cornwallischen Grubenmaschinen und Wattschen Kesseln, die in den 30er Jahren angestellt wurden, zeigt sich die außerordentlich geringe Beanspruchung der Cornwall-Kessel. Das Streben, unter allen Umständen nassen Dampf zu vermeiden, mag nicht wenig zu den überaus günstigen Betriebsergebnissen dieser Maschinen beigetragen haben. Die folgende Tabelle enthält die Werte³⁾:

Kessel	Ort	Zahl der Kessel	Verhältnis der Heizfläche zur Rostfläche	Anstrengung des Kessels 1 Quadratfuß (qm) Heizfläche erzeugt stündl. Dampf in lbs. (kg)	1 Quadratfuß (qm) Rostfläche verbrennt Kohle lbs.-st. (kg.-st.)
Kofferkessel nach Watt	Albion Mills	1	21,28	6,67 (32,55)	16,44 (80,3)
	Old Ford	1	15,78	6,14 (29,95)	12,21 (59,6)
Cornwallische Kessel	Wheal Towan	3	36,11	0,83 (4,05)	2,83 (13,8)
	United Mines	3	43,88	0,98 (4,77)	4,09 (20,0)
	Old Ford	4	43,70	0,64 (3,13)	3,64 (17,7)

Auch Vereine, industrielle Gesellschaften usw. fingen frühzeitig an, durch ausgedehnte Versuche die zweckmäßige Wahl dieser Verhältnisse festzusetzen. Mißgriffe in den Abmessungen der Heiz- und Rostflächen brachten zwar oft große wirtschaftliche Nachteile, lebensgefährlich aber wurden nur

¹⁾ Wicksteed, On the Cornish engine, London 1841.

²⁾ 1772 hatten Versuche mit Smeatons Kesseln 7,385 kg Dampf, 1788 mit Watts Kesseln 8,446 kg Dampf mit 1 kg Kohlen ergeben.

³⁾ s. Combes Handbuch der Bergbaukunst, Deutsch von C. Hartmann. Weimar 1844—46, Bd. 2, S. 472.

zu oft Fehler in der Festigkeitsberechnung der Kessel. Auch hier tappte man lange im Dunkeln; nur Versuche konnten helfen.

Oliver Evans und Reichenbach haben mit zuerst ausgedehnte Versuche über die Festigkeit von Kesselblechen angestellt. Evans fand für bestes Schweiß Eisen 68000 bis 84000 Pfd./Qu.-Zoll (4700 bis 5800 kg/qcm) Zugfestigkeit. Er setzte auch diese Spannung in die Gleichung $\delta = \frac{Dp}{20}$ ein, nahm aber zur Sicherheit dann $p = 1500$ Pfd./Qu.-Zoll (105 kg/qcm) an, während der Betriebsdruck nur 120 Pfd./Qu.-Zoll (8,4 kg/qcm) betrug. Danach bestimmte Evans die Blechstärke eines zylindrischen Kessels von 508 mm Durchmesser bei 120 Pfd./Qu.-Zoll (8,4 kg/qcm) Überdruck bei bestem Schweiß Eisen zu $\delta = 5,9$ mm. Die Endplatten aus Gußeisen wurden durch 8 Schrauben mit dem Kessel verbunden; sie waren in der Mitte 63,5 mm stark.¹⁾

In England befaßten sich Tredgold und Fairbairn sehr eingehend mit derartigen Versuchen. Fairbairn wollte besonders nachgewiesen haben, daß die Walzrichtung keinerlei Einfluß auf die Blechfestigkeit ausübe.²⁾ Auch wendet er sich gegen die sogar von manchen Kesselschmieden geteilte Ansicht, „die vernieteten Teile seien die stärkeren Punkte des Kessels.“ Er führte den Begriff der relativen Festigkeit vom vollen Blechquerschnitt zu dem durch die Nietlöcher geschwächten Teil ein und berichtete von Versuchen mit verschiedenen Nietverbindungen. Mit Recht betonte er: „Eine Kenntnis der Festigkeit der angewendeten Materialien, umsichtige Sorgfalt und ein geübtes richtiges Urteil bei der Verteilung des Materials gehören daher zu den Haupterfordernissen des praktischen Maschinenbauers. Unsere beschränkten Kenntnisse und mangelhaften Grundsätze der Konstruktion zeigen besonders auffallend die vielen Mißgriffe, welche fortwährend gemacht werden, was wir offen eingestehen müssen.“

Auch die Behörden befaßten sich mit der Feststellung der zulässigen Beanspruchungen und schrieben im Übermaß behördlicher Fürsorge sogar die Formeln vor, nach denen die Ingenieure ihre Kessel berechnen sollten.

¹⁾ Sehr ausführlich und grundlegend wurde später in Amerika dies Gebiet von Prof. Johnson am Franklin-Institut behandelt (Repertory of Patentinvention, Jan. 1832, und Dingers polyt. Journal, Bd. 48, S. 81).

²⁾ s. Dingers polyt. Journal 1851, Bd. 122, S. 82.

VIII.

Die Schiffsmaschine.

1. Die ersten Schiffsmaschinen.

Die ersten Versuche. — Symingtons Maschinen. — Evans erste Schiffsmaschine. — Die Maschine des ersten Ozeandampfers. — Bells Comet.

Die Aufgabe, die Dampfkraft auch dem Schiffsverkehr dienstbar zu machen, beschäftigte die Erfinder schon bei den ersten Versuchen mit den Dampfmaschinen. Zunächst allerdings begnügten sie sich, einfach auf die Möglichkeit, die Dampfkraft auch zu diesem Zwecke zu verwenden, und auf die naheliegenden großen Vorteile, die mit einer von Wind und Wetter unabhängigen Triebkraft notwendig verbunden sein mußten, hinzuweisen. Solange die neue Kraftmaschine noch auf dem festen Lande die größten Schwierigkeiten bereitete, konnte kaum ernstlich bereits versucht werden, diesen noch so wenig verstandenen Mechanismus in den engen Raum der kleinen Holzschiffe einzubauen.

Die Aufgabe war auch mit der Dampfkraft allein nicht zu lösen; es galt gleichzeitig ein zum Antrieb geeignetes Triebwerk zu schaffen. Alle nur denkbaren Ideen mußten erst versucht werden, ehe man dauernd bei den Schaufelrädern als der geeignetsten Anordnung stehen blieb, um sie erst später durch die auch schon frühzeitig versuchten Schrauben in den meisten Fällen wieder zu ersetzen.

Papin, dem irrtümlicherweise¹⁾ die erste Dampfschiffahrt zugeschrieben wird, hatte sich mit der Ausbildung von Schaufelrädern, die er von Hand betrieb, beschäftigt und plante, später auch seine Dampfmaschine zum Antrieb der Räder zu verwenden. Er kam ebensowenig zur Ausführung dieser Idee als Savery, der sich 1702 in der Beschreibung seiner Maschine damit begnügte, darauf aufmerksam zu machen, daß seiner Ansicht nach die Maschine sehr nützlich für Schiffe sein könne, daß er aber die Beurteilung dieser Aufgabe den besonderen Fachleuten im Seewesen überlassen wolle.

Näher ging schon Jonathan Hulls, der am 21. Dezember 1736 ein Patent erhielt, auf die Schiffsmaschine selbst ein. Es handelte sich um einen Schleppdampfer, mit dem er Schiffe gegen Wind und Flut oder bei Windstille aus oder in den Hafen oder Fluß schleppen wollte. 1737 gab er eine klar abgefaßte Beschreibung und Zeichnung seiner Erfindung heraus; daraus ist zu ersehen, daß durch eine stehende atmosphärische Maschine unter Zwischen-

¹⁾ s. S. 69 u. 70. Inzwischen ist kürzlich tatsächlich ein Denkmal zur Erinnerung an Papin und seine Dampferfahrt in Form eines Brunnens in Kassel errichtet worden! Die Legende von der Papinschen Dampferfahrt hat durch dies die Ergebnisse ernster geschichtlicher Arbeit nicht beachtende Vorgehen der Kasseler Denkmalsstifter leider neue Nahrung erhalten.

schalten eines eigenartigen Systems von festen und losen Rädern, die durch Seile angetrieben wurden, Schaufelräder bewegt werden sollten, Fig. 506.¹⁾

Zwei Seilscheiben sitzen lose auf der Radachse und sind durch ein Sperrradgetriebe so einschaltbar, daß sie das Ruderrad nur nach der einen Richtung hin mitnehmen können. Die drei Räder auf der vorderen Achse sind fest. Wird der Kolben in dem vor dem mittleren Rad angeordneten Zylinder durch den äußeren Luftdruck herabgedrückt, so wird das Ruderrad unmittelbar durch die Maschine mitgenommen; gleichzeitig wird ein Gewicht gehoben, das beim Aufwärtsgang des Kolbens, bei dem eine Kraftwirkung nicht stattfindet, das Ruderrad in der gleichen Richtung wie vorher umzudrehen hat. Das Gewicht ist halb so schwer wie die auf den Kolben drückende Luftsäule. Von einer Ausführung dieser Maschine ist nichts bekannt.

Wirklich benutzt hat die atmosphärische Maschine als Schiffsmaschine erst William Symington, der im Juni 1787 ein Patent auf eine neuerfundene Dampfmaschine erhielt. Die Maschine war für die von Patric

Miller vorgenommenen Versuche mit Ruderradschiffen bestimmt. Im Oktober 1788 wurde die Maschine auf dem Deck des Versuchsbootes, das aus zwei miteinander verbundenen Schiffskörpern bestand, zwischen denen die Ruderräder Platz fanden, eingebaut. Auf dem anderen Deck stand der Kessel. Die Maschine trieb mit Ketten zwei hintereinander angeordnete Ruderräder; sie wurde nach einigen Versuchen wieder entfernt. Die einzelnen Teile konnten noch 1853

durch Woodcroft vor Vernichtung bewahrt werden. Die Firma Penn & Söhne suchte aus den wieder aufgefundenen Resten die alte Maschine wieder herzustellen, die dann im Kensington-Museum einen dauernden Platz gefunden hat, Fig. 507.²⁾

Zwei Zylinder von je 4 Zoll (102 mm) Durchmesser und 9 Zoll (229 mm) Hub sind in ein hölzernes Gestell, an das rechts und links die beiden Schaufelräder sich anschließen, eingebaut. Die Kolben hängen an einer

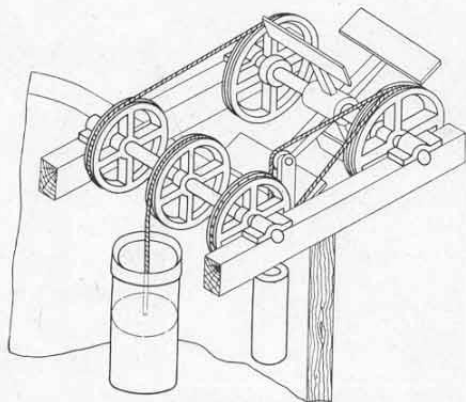


Fig. 506.

Ruderradantrieb von Jonathan Hulls 1736.

¹⁾ s. Tredgold, Steam Engine, London 1838, S. 15.

²⁾ Wenn auch mit Recht darauf aufmerksam gemacht wurde, daß manche Teile unmöglich schon zu Symingtons Zeiten so genau hätten hergestellt werden können, so gibt sie doch immerhin eine interessante Vorstellung von einer der ersten Schiffsmaschinen. Eine eingehende Darstellung an Hand der Patentbeschreibung und Patentzeichnung s. Engineer 1876, Bd. II, S. 1. Die innere Einrichtung der ganzen Maschine ist im Kensington-Museum durch einige gute Zeichnungen ausführlich erläutert.

Kette, die über eine über den Zylindern angebrachte Kettenrolle gelegt ist. Außerdem sind die Kolben mit Stangen verbunden, die durch oben angebrachte Geradführungsschienen geradegeführt werden. Ketten, die von der oberen Scheibe zu jeder der beiden Radwellen laufen, treiben unter Benutzung von Sperrrädern die Schaufelräder in der einen Richtung. Das untere Ende jedes Zylinders enthält einen zweiten Kolben und wird als Luftpumpe benutzt, die von einem kleinen doppelarmigen Hebel, der unter dem Wasserbehälter angebracht ist, bewegt wird. Unter jedem Zylinder

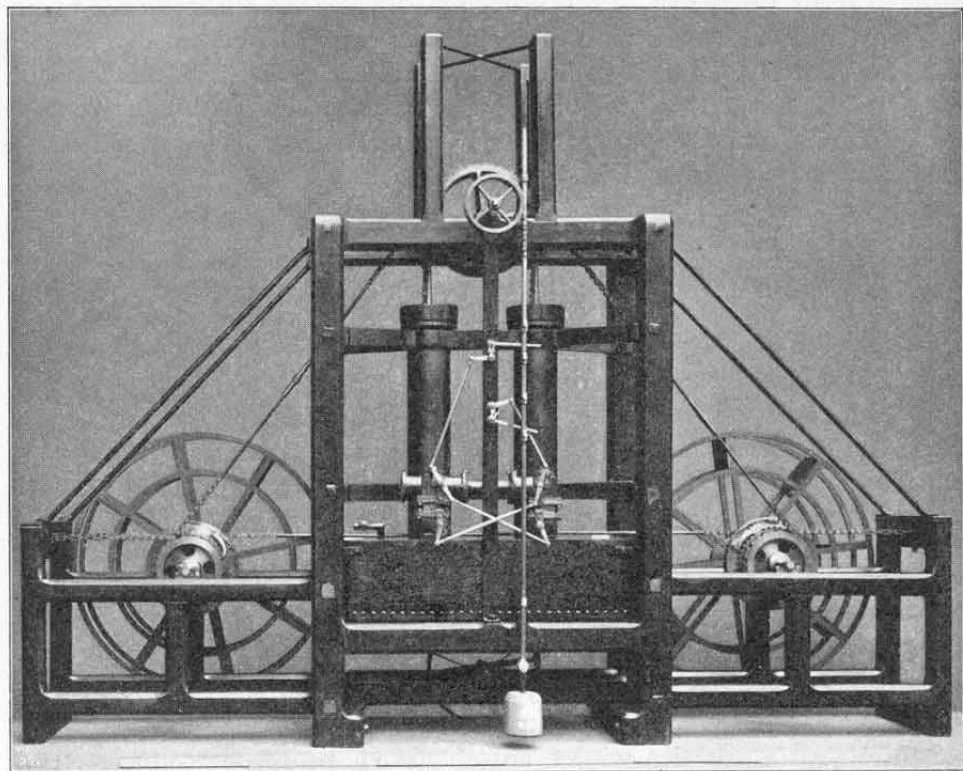


Fig. 507. Atmosphärische Dampfmaschine von Symington 1787.

(Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

befindet sich ein Einspritzkondensator. Die Steuerung besteht aus Dampfeinlaß- und Auslaßventil. Zwischen Auslaßventil und Kondensator ist eine Rückschlagklappe angeordnet; die Ventile werden in der üblichen Weise durch einen auf- und niedergehenden Steuerbaum mit Anschlaghebeln bewegt. Sobald einer der Kolben die unterste Stelle erreicht hat, wird das Dampfeinlaßventil geöffnet, der Dampfdruck schließt unmittelbar das Ventil im Luftpumpenkolben und drückt diesen Kolben soweit abwärts, bis der Druck im Kondensator den der Atmosphäre erreicht. Die Austrittsklappe des Kondensators öffnet sich dann und Luft, Dampf und Wasser strömen

in den unteren Behälter; ein Rückschlagventil verhindert ein Zurückströmen. In der gleichen Zeit bewegt sich der Zylinderkolben aufwärts, während der Kolben im zweiten Zylinder durch den äußeren Luftdruck nach abwärts gepreßt wird.

Symingtons Maschine war also eine atmosphärische Maschine mit einem besonderen Kondensator; sie fiel somit unter Watts Patent. Das mag mit ein Grund dafür gewesen sein, daß sie sobald verlassen wurde.

Ein zweites Patent von Symington vom 14. Oktober 1801, Nr. 2544, beschäftigte sich wieder mit den durch Dampfkraft betriebenen Schaufelrädern der Schiffe. Praktisch angewendet wurde es 1803 auf der „Charlotte Dundas“, Fig. 508. Das Wattsche Patent war gefallen, und somit stand der Anwendung der doppeltwirkenden Dampfmaschine im Schiffsbetriebe

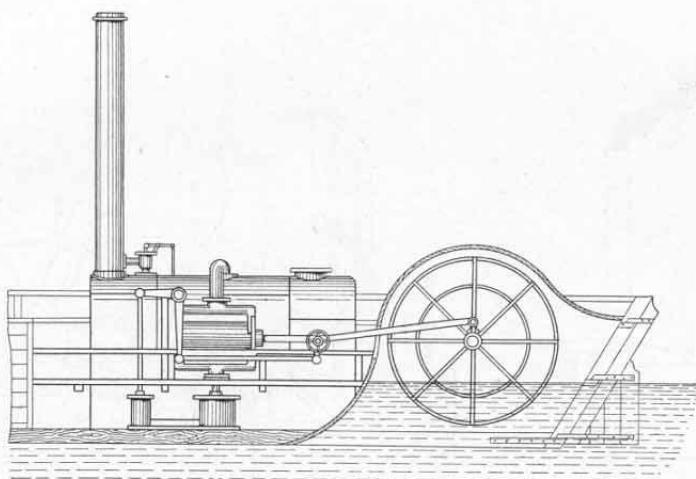


Fig. 508. Symingtons Schiffsmaschine 1803.

(Nach Woodcroft, Steam navigation, London 1848.)

nichts mehr im Wege. Symington benutzte deshalb hier bereits eine doppeltwirkende liegende Dampfmaschine, von der aus durch eine lange Schubstange und eine Kurbel unmittelbar das Schaufelrad angetrieben wurde. Die Kolbenstange wurde durch Gleitschuhe oder Führungsrollen geradegeführt. Ein gewöhnlicher Kofferkessel war neben der Maschine aufgestellt.¹⁾

Über die Dampfmaschinen der in Frankreich schon frühzeitig versuchten Dampfboote ist so gut wie nichts näheres bekannt. Die Maschine des Dampfbootes, mit dem Jouffroy 1781 in Lyon kurze Zeit fuhr, soll aus zwei gegenüberliegenden, unter 30° geneigten Zylindern, von denen aus mit Hilfe von Ketten ein Ruderrad betrieben wurde, bestanden haben.

Sehr bemerkenswerte Versuche, die Dampfmaschine für Verkehrszwecke brauchbar zu gestalten, gehen auf amerikanische Ingenieure zurück, unter

¹⁾ s. B. Woodcroft: A sketch of the origin and progress of steam navigation. London 1848.

denen Henry, Fitch, Rumsey, Read, Oliver Evans und besonders John Stevens zu nennen sind.

Henry soll bereits 1763 eine Dampfmaschine für ein Schaufelradboot angefertigt haben; seine Versuche sind aber mit Untergang seines Versuchsbootes unterbrochen worden.

1786 brachte Rumsey ein Boot in Betrieb, bei dem die Maschine mit Hilfe eines Pumpwerkes das Wasser am Vorderteil des Schiffes hob und am hinteren Ende ausfließen ließ. Er benutzte also die Reaktion des ausströmenden Wassers und führte somit zuerst die auch vor ihm schon ausgesprochene und vielfach später noch praktisch versuchte Idee zu einem sog. Turbinendampfer aus.

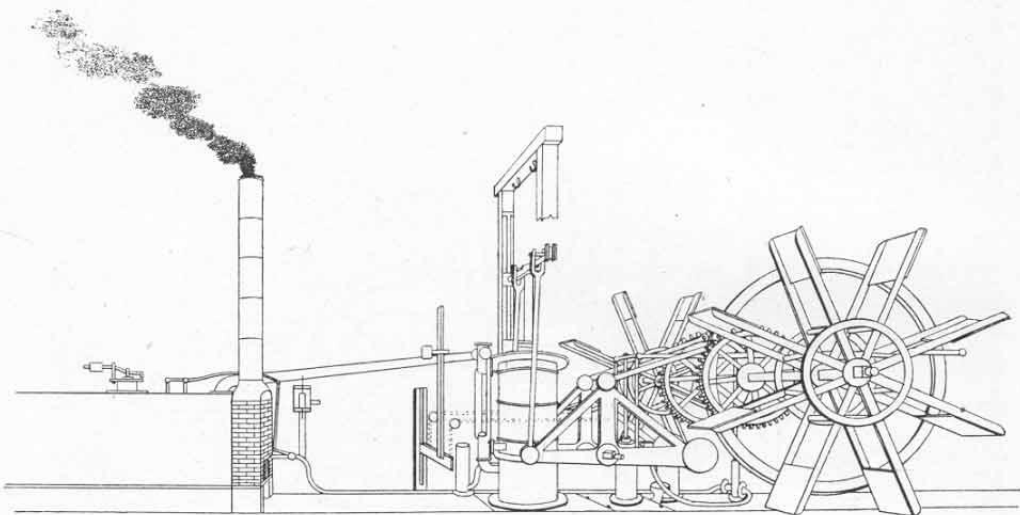


Fig. 509. Schiffsmaschine des „Claremont“.

(Nach Woodcroft, Steam navigation, London 1848.)

Fitch versuchte ebenfalls in den 80er Jahren ein Patent auf ein Dampfboot zu erhalten. 1787 erhielt er in einigen Staaten Nordamerikas seine Idee gesetzlich geschützt. Bemerkenswert ist, daß er schon 1787 einen aus einem großen Schlangenrohr bestehenden Wasserrohrkessel und einen ganz ähnlich gebauten Oberflächenkondensator verwendete. Seine erste Schiffsmaschine hatte 12 Zoll (305 mm) Zylinderdurchmesser; eine zweite, 1788 erbaut, hatte einen 18 Zoll (457 mm) weiten Zylinder. 1790 legte Fitch mit seinen Booten bereits 7 Meilen in der Stunde (12,97 km) zurück.

Auch Nathan Read beschäftigte sich schon seit 1788 mit der Dampfschiffahrt; auch er versuchte einen stehenden Wasserrohrkessel anzuwenden, bei dem eine größere Anzahl dünner, unten geschlossener Röhren in den Feuerraum herabhingen.

Vor allem aber war es John Stevens von Hoboken, dessen geniale Konstruktion auch heute noch von größtem Interesse ist. Auch er wendete

einen Wasserrohrkessel an, der aus 100 Röhren von je 2 Zoll (51 mm) Durchmesser und 18 Zoll (457 mm) Länge bestand. Jede derselben war an dem einen Ende an einem mittleren Wasserbehälter mit darauf angebrachtem Dampfdom befestigt und am anderen Ende durch einen Pfropfen geschlossen. Die Heizgase gingen zwischen den Röhren hindurch zum Schornstein. Die Maschine war eine direktwirkende Hochdruckdampfmaschine mit Kondensation von 10 Zoll (254 mm) Zylinderdurchmesser und 2 Fuß (0,61 m) Hub. Sie trieb eine vierflügelige Schraube von bereits sehr brauchbarer Gestalt. Ein Modell des kleinen Dampfschiffes aus dem Jahre 1804 wird in der technologischen Sammlung des Stevens Institute in Hoboken aufbewahrt.¹⁾

Der Sohn des Erbauers dieser Maschine, Robert L. Stevens, hat dann die Arbeiten seines Vaters mit größtem Erfolge fortgesetzt; auf ihn ist die noch heute angewendete Bauart der amerikanischen Balanciermaschine für Ruderadschiffe zurückzuführen.

Schon 1807 unternahm Stevens mit einem Dampfer „Phönix“ eine Probefahrt, die durchaus günstig verlief. Kurz vorher aber hatte Fulton durch die glücklich verlaufene Probefahrt seines „Claremont“

ihm den Ruhm, die erste wirtschaftlichem Zwecke dienende Dampfschiffahrt unternommen zu haben, mit der der heutige Dampfschiffsverkehr beginnt, vorweggenommen.

Fulton hatte bereits 1803 in Frankreich sehr bemerkenswerte Versuche mit kleinen Dampfschiffen gemacht; auch er hatte einen Wasserrohrkessel, den sich Barlow bereits 1793 als Schiffsdampfkessel hatte schützen lassen, hierbei mit dem ausgesprochenen Zwecke versucht, bei kleinem Gewicht große Leistung zu erzielen. Das Original zu diesem Kessel wird im Conservatoire des Arts et métiers in Paris aufbewahrt.

Von Frankreich nach England übergesiedelt, beschloß Fulton, in Amerika selbst die endgültigen Versuche zu unternehmen, die Dampfmaschine hierzu

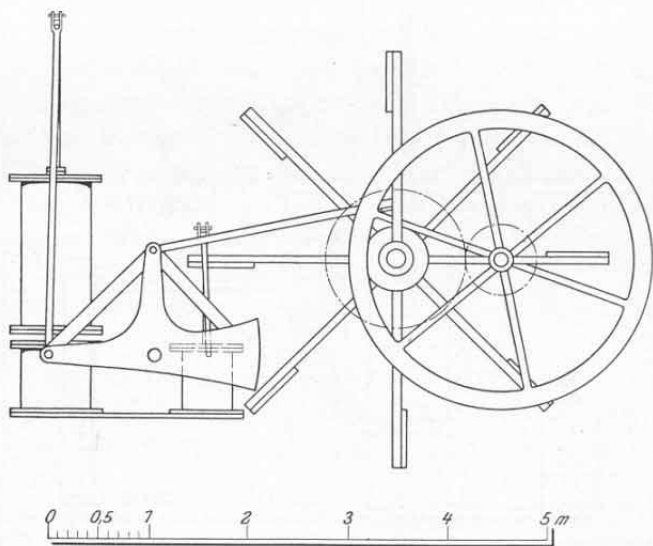


Fig. 510. Schiffsmaschine des „Claremont“.

(Nach Narestier, Bateaux à vapeur, Paris 1824.)

¹⁾ s. Rühlmann. Allgem. Maschinenlehre, 1875, Bd. IV, S. 284.

aber aus der berühmtesten Maschinenfabrik der Welt, das hieß von Boulton & Watt, zu nehmen. Im August 1807 wurde die englische Maschine auf dem amerikanischen Dampfer eingebaut. Diese erste dauernd erfolgreiche Schiffsmaschine zeigen die Fig. 509 u. 510.

Die Kolbenstange wird nicht durch Lenker, sondern durch einen Kreuzkopf in Gleitbahnen geführt, die in einem den Zylinder umfassenden hölzernen Gestell angebracht sind. Von dem breiten Querhaupt gehen zwei Schubstangen auf beiden Seiten des Zylinders zu den wagerechten Enden zweier

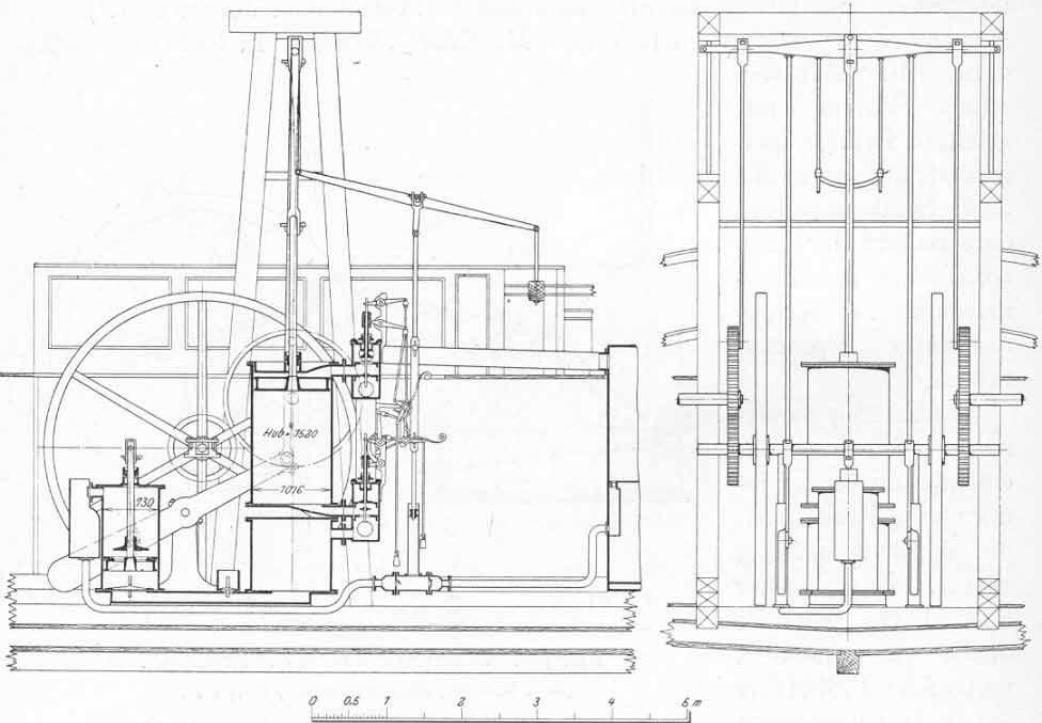


Fig. 511 und 512. Turmmaschine des „Chancellor Livingston“ in Amerika 1816.

(Nach Marestier, Bateaux à vapeur, Paris 1824.)

Winkelhebel, von deren senkrechten Armen Schubstangen zu den Kurbeln der Ruderradwelle führen. Durch ein Zahnradvorgelege wird von hier aus noch ein Schwungrad, das zum Kraftausgleich dienen soll, angetrieben. Der Zylinder selbst steht auf dem zylindrischen Kondensator; neben ihm auf der anderen Seite der Winkelhebelachse ist die Luftpumpe angeordnet, welche die gleiche Bewegungsübertragung wie der Dampfzylinder aufweist. Der Zylinder war 24 Zoll (610 mm) weit, der Hub betrug 4 Fuß (1,22 m); das Ruderrad maß 15 Fuß (4,57 m) im Durchmesser und hatte 4 Fuß (1,22 m) breite Schaufeln, die 2 Fuß (0,61 m) tief ins Wasser eintauchten. Der Kessel war 20 Fuß lang, 7 Fuß breit, 8 Fuß hoch (6,1 × 2,13 × 2,44 m).

Ein am Ende des Winkelhebels angebrachtes Gegengewicht diene als Gewichtsausgleich des Kolbenumführungsgestänges.

Aus diesen Winkelhebelmaschinen entwickelte Fulton die sog. Turmmaschine, bei der die von der oberen Führung ausgehende Schubstange unmittelbar auf die Kurbel wirkte und der Balancier nur zum Gewichtsausgleich und zum Antrieb der Luftpumpe beibehalten wurde. Ein Schwungrad, durch Zahnradgetriebe mit verhältnismäßig höherer Umlaufzahl angetrieben, diene zum Kraftausgleich.

Diese Anordnung möge die Schiffsmaschine des 1816 für den Hudson erbauten Dampfschiffes „Chancellor Livingston“ kennzeichnen, Fig. 511 u. 512. Das Schiff war 47,5 m lang, 10 m breit; es hatte 640 000 Fr. gekostet. Der Zylinderdurchmesser betrug 1016 mm, der Hub 1,52 m. Es war längere Zeit die einzige mit Steinkohlen betriebene Schiffsmaschine Amerikas. Die Maschine ist eine normale Wattsche doppelwirkende Maschine mit der üblichen Ventilsteuerung. Die Ventile sind übereinander angeordnet, so daß die Ventilspindel des unteren Ventils durch die Spindel des oberen Ventils hindurchgehen muß. Die Bewegung erfolgt in der hergebrachten Weise durch einen Steuerbaum, der vom Kreuzkopf aus mit Hilfe eines doppelarmigen Hebels auf- und niederbewegt wird. Das untere Ende dieses Steuerbaumes ist die Kolbenstange der Speisewasserpumpe. Der Zylinder ist unmittelbar über dem Kondensator, die Luftpumpe in einiger Entfernung davon angeordnet.

Die Steuerung durch auf- und niedergehenden Steuerbaum wurde bald endgültig verlassen. An ihre Stelle trat der Antrieb der Ventile von einer wagerechten Steuerwelle aus, die durch ein Exzenter von der Kurbelwelle aus hin- und hergedreht wurde.

Diese ersten Schiffsmaschinen wurden durchschnittlich mit $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{3}{4}$ at Dampfdruck und mit 15 bis 20 Umdrehungen in der Minute betrieben. Die Kolbengeschwindigkeit betrug etwa 0,8 m/sk im Mittel. Die Abmessungen der ersten amerikanischen Schiffsmaschinen zeigt die Tabelle¹⁾:

Name des Schiffes	Jahr	Zylind.- Durch- messer mm	Hub mm	Dampfdruck absol. in mm Quecksilber- säule	n =	Kolben- geschw. v = m-Sek.	Durchm. der Räder in m	Geschwindig- keit des Schiffes in m-Sek.
Claremont	1807	610	1220	—	—	—	4,6	—
Washington	1813	711	1220	950	20	0,81	4,5	2,57
Fulton	1813	914	1220	1100	18,5	0,75	4,7	2,8
Connecticut	1816	1016	1370	1350	17,0	0,78	5,2	3,15
Chancellor Livingston . .	1816	1016	1520	950	17,0	0,86	5,5	2,9
Maryland	1818	1016	1420	1050	17,0	0,80	6,0	3,6
Savannah	1818	1035	1520	900	16,0	0,81	4,9	2,6

¹⁾ s. ausführlich über die ersten amerikanischen Dampfschiffe: Marestier, Mémoire sur les bateaux à vapeur des Etats-Unis d'Amérique, Paris 1824.

Neben diesen Maschinen verdienen die Balanciermaschinen mit hochliegendem Balancier, aus denen sich die typische amerikanische Ruderradmaschine entwickelte, besondere Beachtung (s. S. 640).

Bemerkenswert sind auch die von Oliver Evans eingeführten Balanciermaschinen, die Marestier auf seiner amerikanischen Reise bei den Dampfschiffen „Ätna“ und „Pennsylvania“ vorfand, Fig. 513.

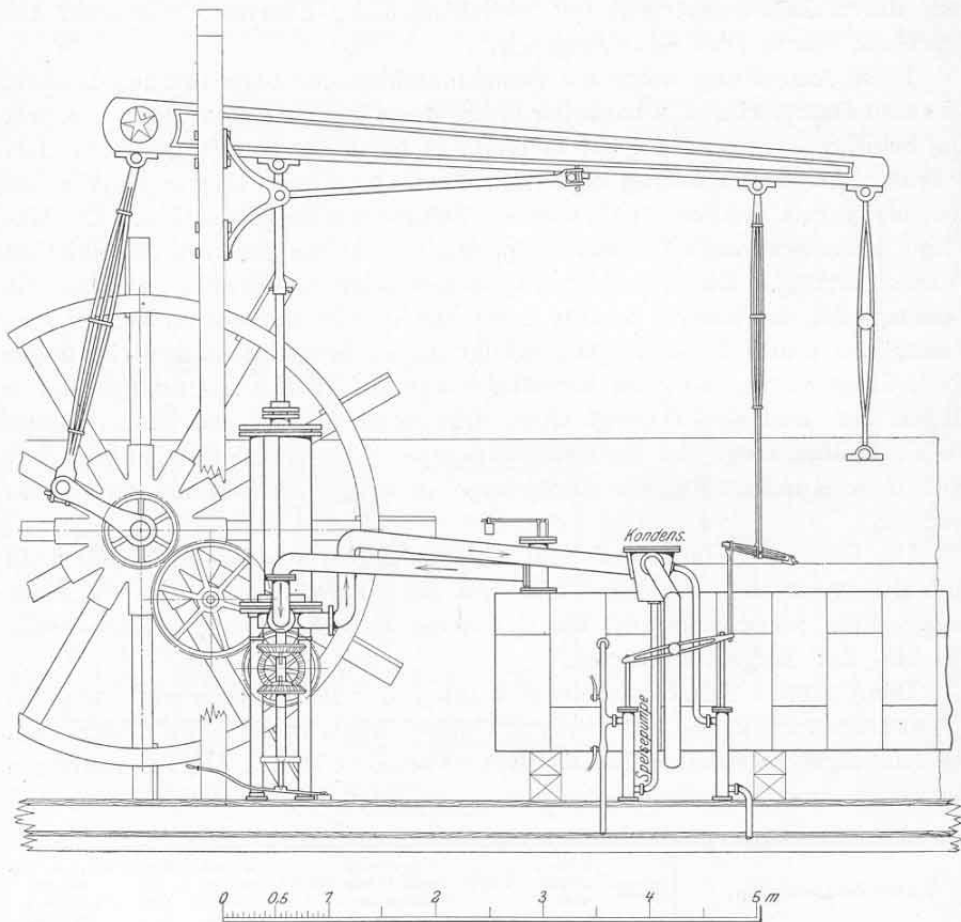


Fig. 513. Evans Schiffsmaschine.

(Nach Marestier, Bateaux à vapeur, Paris 1824.)

Zur Dampfverteilung diente der Evansche Drehschieber; die Maschine wurde mit 10 at betrieben. Der Dampf wurde nur teilweise in einem kleinen Kondensator niedergeschlagen und das Kondensat zum Kesselspeisen benutzt. Ein besonderes Schwungrad war nicht vorhanden, wohl aber waren die Ruderradspeichen durch einen schweren gußeisernen Kranz, dessen Masse zum Ausgleich der Bewegung genügte, miteinander verbunden.

Einen besonderen Platz unter den ersten Schiffsmaschinen nimmt auch die in den Fig. 514 u. 515 abgebildete Maschine des Dampfers „Savannah“ ein,

der 1819 als erstes Dampfschiff, allerdings noch unter teilweiser Benutzung der Segel, den Ozean durchquerte. Es ist eine schrägliegende Maschine; Dampfzylinder und Luftpumpe liegen nebeneinander und ihre Kolbenstangen greifen an einem langen Querhaupt an, das zwischen Gleitschienen geradegeführt wird. Die Maschine hatte 1035 mm Zylinderdurchmesser, 1,53 m Hub und lief mit 16 Umdrehungen in der Minute. Der Dampfüberdruck betrug 100 bis 150 mm Quecksilbersäule.

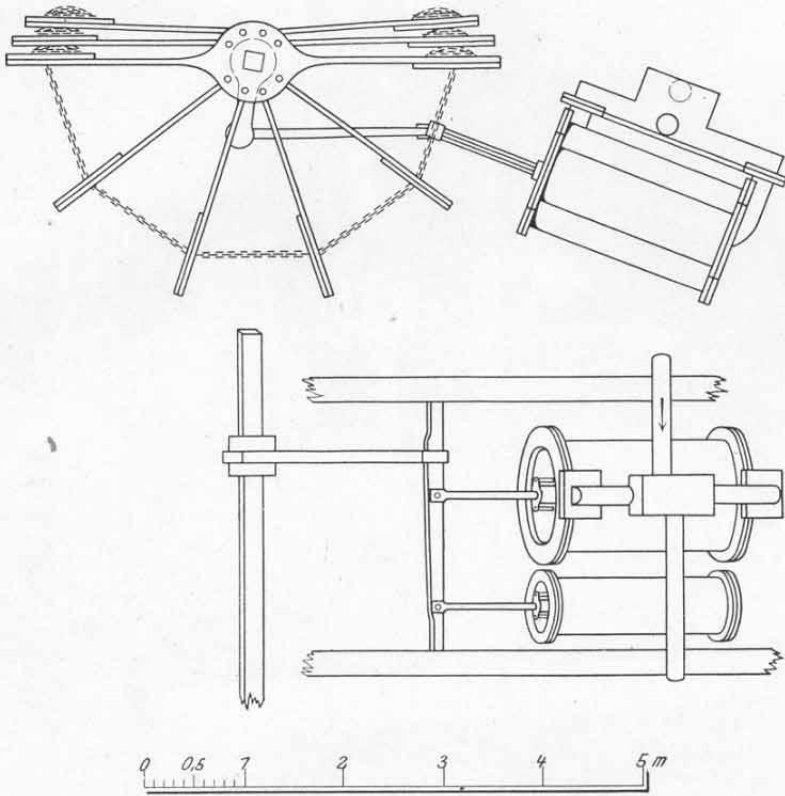


Fig. 514 und 515. Schiffsmaschine des Dampfers „Savannah“, Amerika 1819.

(Nach Marestier, Bateaux à vapeur, Paris 1824.)

Sehr eigenartig waren auch die Ruderräder eingerichtet. Von den zehn Armen waren nur zwei mit der Nabe fest verbunden, die dazwischenliegenden waren auf Ketten aufgereiht, so daß man sie fächerartig zusammenlegen konnte. Man wollte mit dieser Anordnung die Möglichkeit geben, den Raum zu verringern, wenn die Maschine nicht gebraucht wurde; auch das Aufsetzen der Segel konnte durch das Zusammenlegen der Ruderräder erleichtert werden.

Die europäische Dampfschiffahrt führt den Anfang ihres wirtschaftlichen Betriebes auf Bells „Comet“ zurück, der 1811 im Auftrage Bells

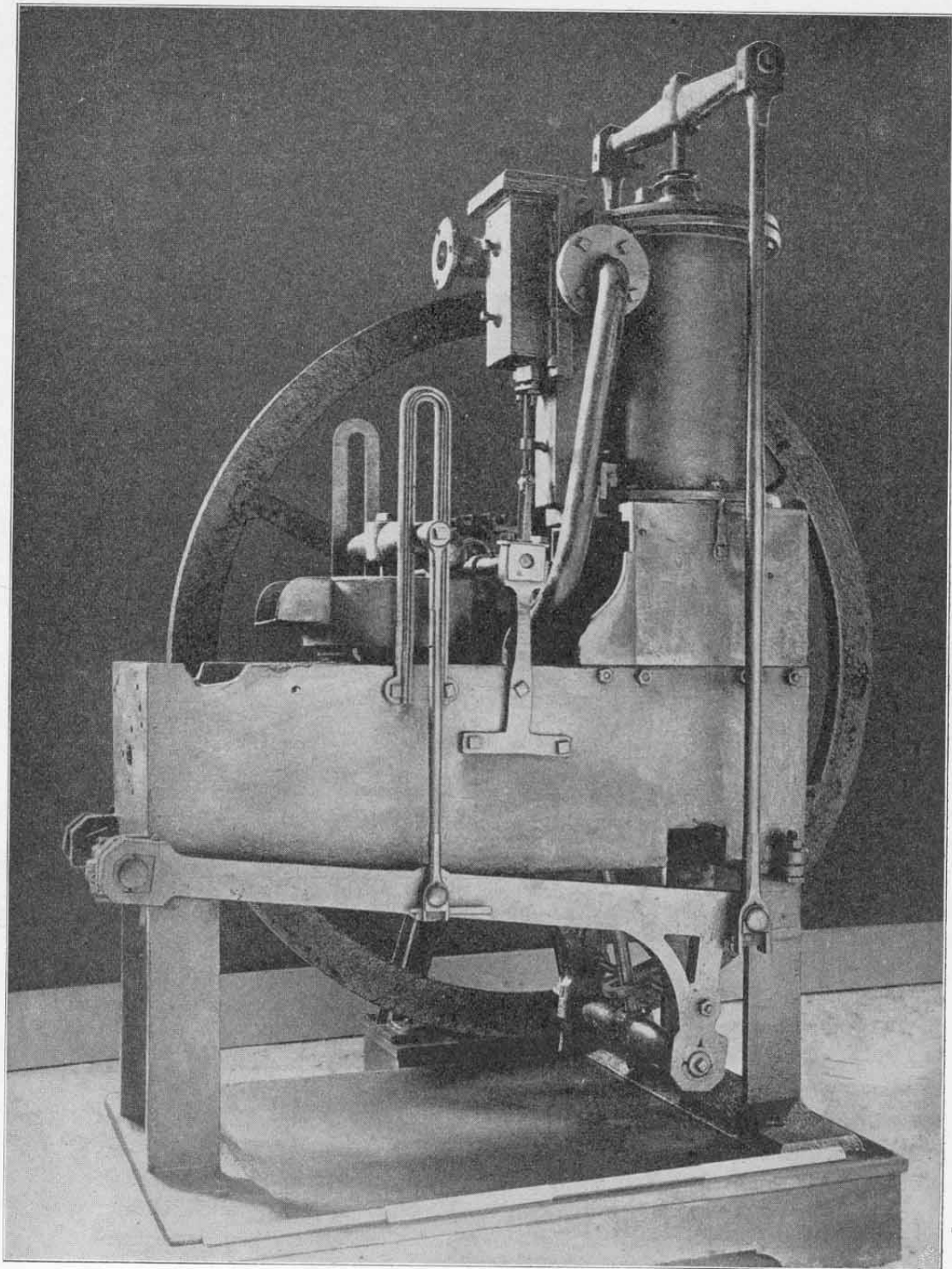


Fig. 516. Maschine zu Bells „Comet“.
(Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

von John Wood & Co. erbaut wurde.¹⁾ Das Schiff war 40 Fuß (12,19 m) lang, 10,5 Fuß (3,2 m) breit. Die vierpferdige Maschine hatte John Robertson in Glasgow geliefert. Die Maschine wurde bald darauf durch eine stärkere ersetzt²⁾, die dann 1862 dem Kensington-Museum als wertvolles Erinnerungsstück von Napier übergeben wurde. Eine photographische Aufnahme dieser Maschine zeigt Fig. 516.

Auf gußeisernem Gestell steht der Zylinder. Von dem Querhaupte der nach oben ausstoßenden Kolbenstange gehen zwei Schubstangen nach den seitlich neben dem Gestell angeordneten Hebeln, von wo aus die Kurbelwelle angetrieben wird. Die beiden Schaufelräder zu beiden Seiten des Schiffes sind gegeneinander versetzt und erhalten durch Zahnräder von der Kurbelwelle aus ihren Antrieb. Einbau und Gesamtanordnung von Maschine und Kessel zeigen die Fig. 517 u. 518.

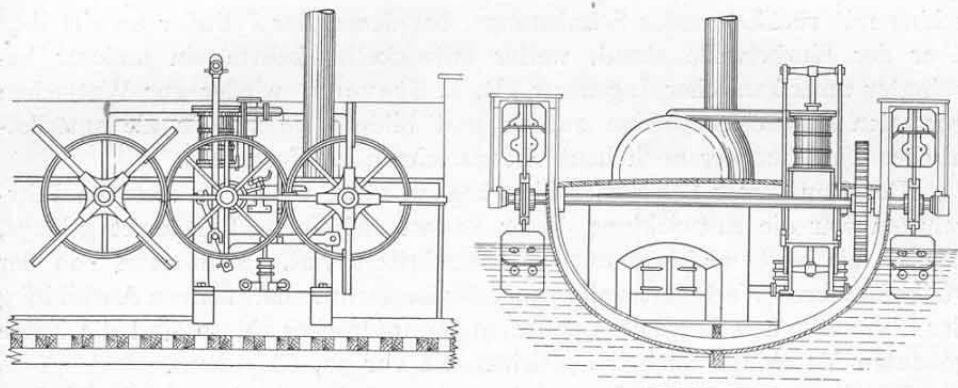


Fig. 517 und 518. Bells „Comet“ 1812.

(Nach Woodcroft, Steam navigation, London 1848.)

Die Dampfverteilung geschieht durch einen vom Exzenter angetriebenen Muschelschieber. Der Kondensator steht zwischen den beiden Seitenhebeln, von denen aus auch die Luftpumpe betrieben wird. Ein größerer Niederdruckkessel, genau wie bei den Landmaschinen mit Mauerwerk umgeben, liefert den Dampf.

Nimmt man noch hinzu, daß vielfach, besonders auch in Amerika, rotierende Maschinen als Antriebsmaschinen für Schiffe versucht wurden, so sieht man in der ersten Entwicklungsperiode fast alle denkbaren Maschinenanordnungen angewendet. Die lebensfähigsten unter ihnen wurden dann durch die führenden Ingenieure vor allem Englands und Amerikas zu

¹⁾ s. S. 80 und 81.

²⁾ s. Hamel, Rückblick, Försters Bauzeitung, Wien 1866. Hier wird ausführlich über die mannigfachen Schicksale der „Comet“-Maschinen berichtet. Den Zylinder der ersten Maschine will Hamel schließlich als „Schornsteinaufsatz“ entdeckt haben.

den Hauptschiffsmaschinenbauarten ausgebildet. In Europa entstand so zunächst die Seitenhebelmaschine, in Amerika die Maschine mit hochliegendem Balancier. Von der Zeit um 1780 etwa, wo die ersten bemerkenswerten Versuche beginnen, bis 1820, wo bereits Maschinenbauarten, die sich nur noch wenig veränderten, nachweisbar sind, reicht die erste Entwicklungsperiode der Schiffsmaschine.

2. Die Schiffsmaschinen der Raddampfer.

A. Die amerikanische Balanciermaschine.

a) Allgemeine Anordnung.

Während Fulton seine Winkelhebelmaschine zur direktwirkenden Maschine mit rückkehrender Schubstange, bei denen der Zylinder unmittelbar über der Kurbelwelle stand, weiter entwickelte, kehrte ein anderer berühmter amerikanischer Ingenieur, R. L. Stevens, wieder zur Wattschen normalen Balanciermaschine zurück und bildete sie zu der die amerikanischen Flußdampfer noch heute kennzeichnenden Form aus.

Der Bau dieser Schiffsmaschine begann etwa 1822. In wenigen Jahrzehnten war die Entwicklung dieser Bauart auf einen Höhepunkt gelangt, den sie bis heute nicht wesentlich überschritten hat. Sieht man von der vollkommeneren Werkstattausführung, der besseren konstruktiven Ausbildung der Einzelteile und Anwendung höheren Dampfdruckes ab, so sind die heute gebauten Maschinen noch die gleichen wie vor 50, 60 Jahren.

Die Fig. 519 und 520 zeigen die in den 30er Jahren in den Phönix-Werken zu New York erbaute Betriebsmaschine des Raddampfers Nordamerika.¹⁾

Der Dampfzylinder steht zwischen zwei mächtigen hölzernen A-förmigen Schildern, auf denen der eigenartig ausgebildete, durchbrochene Balancier ruht, von dessen einer Seite die Schubstange zu dem durch Kreuzkopf und Gleitbahnen geradegeführten Kolbenstangenende führt, während das andere mit einer langen versteiften Schubstange die Kraft auf die Kurbelwelle überträgt.

Die ganze Maschine ist verhältnismäßig leicht gebaut; der hölzerne Maschinenrahmen steht auf dem hölzernen Doppelkiel des Schiffes, der durch zwei hochkantige Balken wesentlich verstärkt ist; hierauf bauen sich die A-förmigen Schilde aus 30×40 bis 40×50 cm starken, 10 bis 15 m langen astfreien Stämmen auf. Diese Schilder sind nach oben hin gegeneinander etwas geneigt und versteift; alle Ecken sind mit großen Holzwinkeln verschraubt und gegeneinander durch Hartholzkeile verspannt. Die ganze Holzkonstruktion wird vielfach noch durch zahlreiche Schraubenanker, die bis zum Kiel heruntergehen und mit Rechts- und Links-

¹⁾ s. Hodge, Steam Engine, New York 1840.

gewunden und Spannkloben versehen sind, verspannt; oft bis 16 m lang, sind sie gewöhnlich 50 bis 60 mm stark. Der aus einem Stück gegossene Zylinder ohne Dampfmantel ist gewöhnlich mit Holz gut umkleidet. Die Dampfverteilung geschieht durch Doppelsitzventile, die von einer Steuerwelle aus durch Anschlage- und Hebebaum bewegt werden und viel-

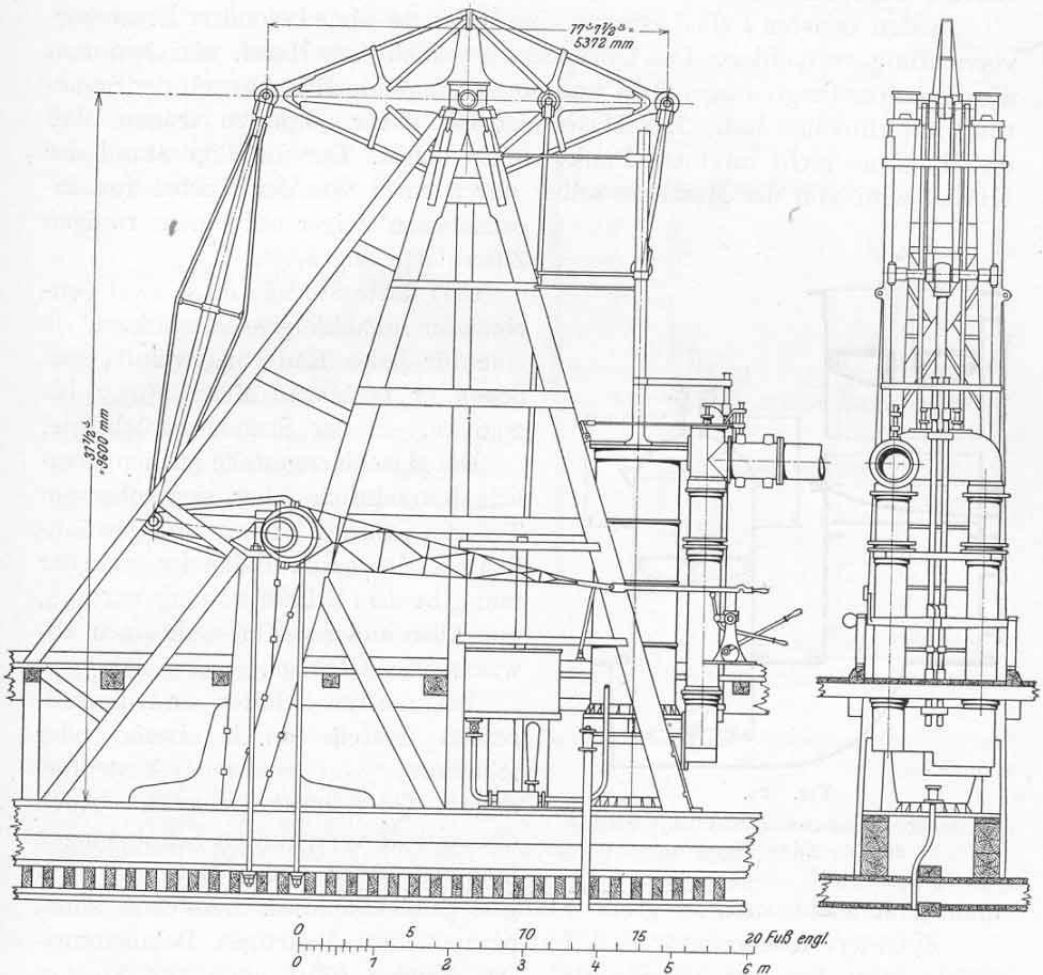


Fig. 519 und 520. Amerikanische Balanciermaschine um 1830.

(Nach Hodge, Steam Engine, New York 1840.)

fach an die Steuerung der direktwirkenden Wasserhaltung erinnert. Die Steuerwelle wird vom Exzenter aus angetrieben. Der Kondensator steht stets unmittelbar unter dem Dampfzylinder, die Luftpumpe daneben; sie wird vom Balancier aus in üblicher Weise angetrieben. Die Balanciers bestehen aus einem gußeisernen, von einem schmiedeeisernen Rahmen umspannten Gerippe. Die Endzapfen enthält der Rahmen, der an allen

Berührungspunkten mit Stahlkeilen oder Nasen an das Gerippe anschließt. Starke, durch Keile angezogene Bügel verbinden auch außerdem den schmiedeeisernen Rahmen mit dem gußeisernen Gerippe. Die Schubstange ist durch vier seitliche Spannstangen versteift. Die Kurbeln zeigen vielfach ähnliche Konstruktion wie Rahmen und Balancier: gußeisernes Kernstück mit schmiedeeiserner Umspannung.

In den meisten Fällen ist nur eine Maschine ohne besondere Umsteuervorrichtung vorhanden. Das Umsteuern geschieht von Hand, nachdem man die Exzenterstange ausgehoben und so den maschinellen Antrieb der Steuerung unterbrochen hat. Der Maschinist hat dafür Sorge zu tragen, daß die Maschine nicht im toten Punkt stehen bleibt. Der jeweilige Stand der Kurbel wird von der Maschine selbst durch einen von der Kurbel aus angetriebenen Zeiger auf einem riesigen Zifferblatte angezeigt.

1827 hatte Stevens auch zwei voneinander unabhängige Maschinen, je eine für jedes Rad, angewandt, mit denen er 15 bis 16 Meilen (27,7 bis 29,6 km) in der Stunde zurücklegte.

Die Maschinengestelle reichen ziemlich beträchtlich über den obersten Teil des Schiffes hinaus, und gewöhnlich ist der ganze Balancier sichtbar und gibt dem Schiffe sein eigenartiges, von allen anderen Konstruktionen abweichendes Gepräge.

Bei neueren Schiffen sind die hölzernen Gestelle durch eiserne oder stählerne, von meistens kastenförmigem Querschnitt, ersetzt. Auch die seitlich verspannten Schubstangen kommen mehr außer Gebrauch, da

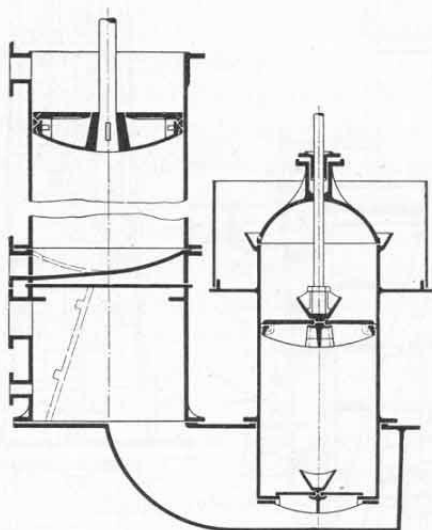


Fig. 521.

Zylinder, Kondensator und Luftpumpe zur Maschine Fig. 519.

man jetzt leicht auch so große Stangen genügend stark herstellen kann.

Zylinder, Kondensator und Luftpumpe einer derartigen Balanciermaschine zeigt Fig. 521 im Schnitt. Der Kolben rührt auch von Stevens her; der dreieckige Liderungsring wird hier durch den Dampfdruck, dem kleine Bohrungen den Zutritt gestatten, angepreßt. Der obere Teil der Luftpumpe wird durch den schmiedeeisernen Ausgußkasten umschlossen; der halbkugelförmige Deckel bildet zugleich das obere Ventil.

Einen Schnitt durch unteren und oberen Ventilkasten zeigt Fig. 522; sie läßt auch die Konstruktion der Doppelsitzventile erkennen. Die beiden Ventilkästen sind durch zwei Röhren verbunden, deren Längsänderung durch die Stopfbüchsenanordnung ermöglicht ist.

Die gleiche Bauart zeigt die 1884 erbaute Maschine des Wakefield,

deren Gesamtanordnung, sowie besonders die Konstruktion des großen hölzernen Gestelles aus Fig. 523 genauer zu ersehen ist.¹⁾

Das hölzerne Maschinengestell steht auf zwei eisernen, parallel zum Kiel liegenden Balken. Auf dem Kondensator ruht der Dampfzylinder, 3 Fuß (914 mm) weit mit 9 Fuß (2,74 m) Hub; auf ihn wieder stützen sich die senkrechten Gleitschienen, die mit dem Gestell unmittelbar verschraubt sind. Der Balancier ist 17 Fuß (5,18 m) lang und seine Achse liegt rund 9 m über Maschinensohle.²⁾

b) Die Entwicklung der Steuerung.

Bei den ersten Maschinen wurden Einlaß- und Auslaßventile durch ein einziges Exzenter bewegt. Die Expansion wurde durch ein zwischen Einlaß- und Drosselventil angeordnetes besonderes Expansionsorgan, das durch unrunde Scheiben von der Steuerwelle aus bewegt wurde, erreicht.

1839 erfand Francis Stevens eine Expansionssteuerung und ließ sie

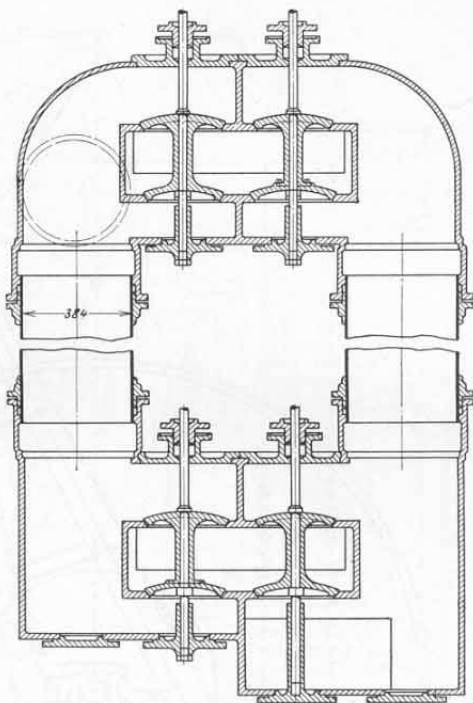


Fig. 522. Ventilanordnung zu Fig. 519.

¹⁾ Genau nach der gleichen Zeichnung wurde die gleiche Maschine 1896 für ein anderes Schiff ausgeführt. Es mag diese Tatsache zeigen, wie sehr sich diese Bauart durch eine Reihe von Jahrzehnten gleichgeblieben ist.

²⁾ Ausführlich werden diese Maschinen behandelt in: American Paddle wheel steamers with beam engines, Engineer 1898, Bd. II und 1899, Bd. I.

s. auch Ch. W. Haswell, Reminiscences of early marine steam engine construction in the United States of Amerika 1807 to 1850, Engineer, 1. April 1898 und 7. April 1899. Haswell erzählt über diese ersten Maschinen auch folgendes:

Signalglocken für den Maschinenraum waren unbekannt und auf vielen Booten gab der Steuermann häufig nur durch Aufstoßen mit einem Stocke seine Befehle. Alle Boote hatten natürlich Ruffglocken, mit denen dem Publikum Ankunft und Abfahrt angezeigt wurde, auch alle Begrüßungen zwischen den Booten wurden durch diese Glocken gegeben. Mit Dampf zu pfeifen, wie es jetzt geschieht, galt als Schimpf und Beleidigung. Bis zum Jahre 1836 wurde fast ausschließlich Kiefernholz gebrannt; erst da fing man an, Anthrazit zu versuchen. Ein Dampfboot, das sechs oder mehr Stunden unterwegs war, konnte all das Holz, was gebraucht wurde, nicht im Feuer-raum aufbewahren. Man stapelte es deshalb auf Deck auf, und Boote, die einen langen Weg zurückzulegen hatten, mußten so viel Vorrat haben, daß sie, wenn sie die Stadt verließen, eher einem fahrenden Holzlager als einem Dampfschiff ähnlich sahen.

sich zusammen mit seinem Onkel R. L. Stevens im April 1840 gesetzlich schützen. Der Patentanspruch bezog sich auf ein zweites Exzenter, das auf eine zweite Steuerwelle wirkte, von der aus die Dampf einlaßventile ihre Bewegung empfangen, während die Auslaßventile in gleicher Weise wie bisher

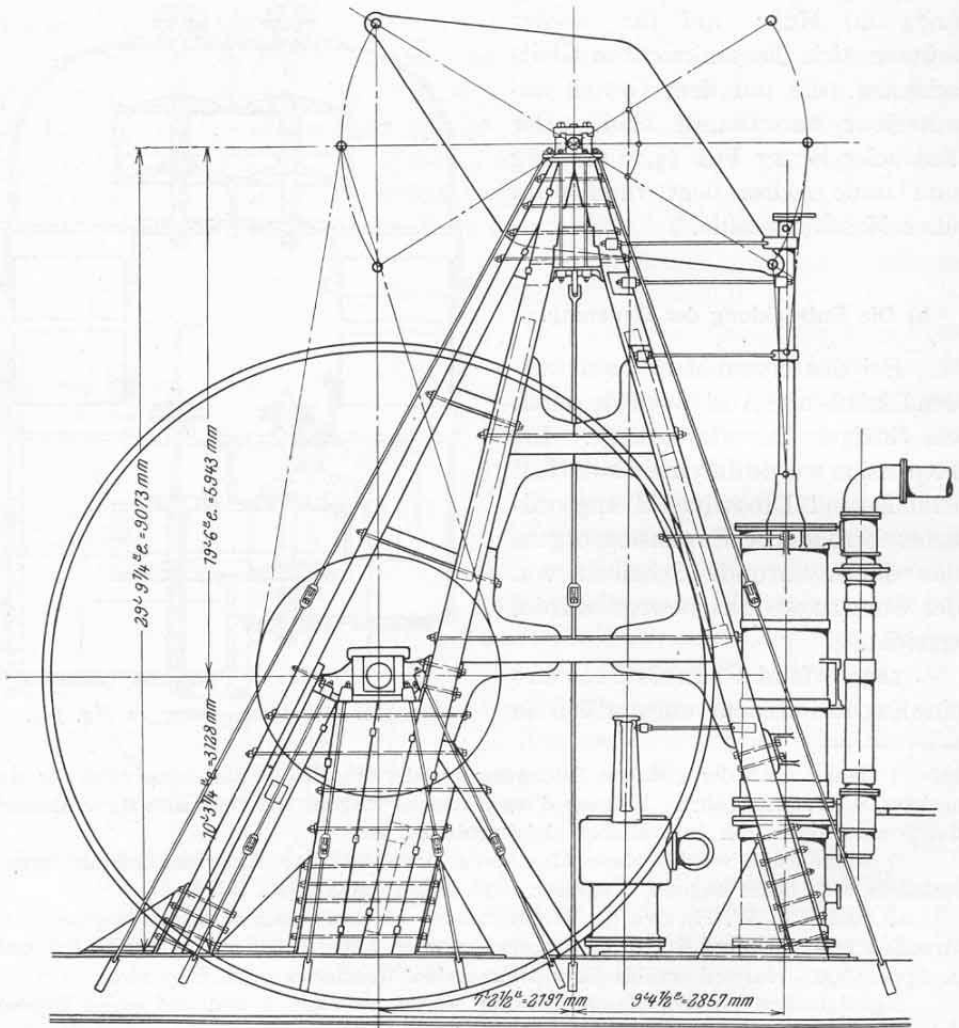


Fig. 523. Amerikanische Balanciermaschine, 1884 erbaut.

(Nach Engineer 1898, Bd. II.)

ebenfalls durch ein Exzenter bewegt wurden. Das Patent wurde am 25. Januar 1841 erteilt; es wurde 1855 erneuert und erlosch 1862. Seitdem wird der Grundgedanke des Patentes in Verbindung mit anderen Steuerungen auch noch weiterhin benutzt.

1845 wurde diese Steuerung bei einem Kriegsschiffe angewandt, und die Marine verlangte, daß der Expansionsgrad während des Betriebes ver-

änderlich sein sollte. Auch hierfür fand Stevens eine Konstruktion, die sich zwar bei der Marine bewährte, trotzdem aber wenig Verbreitung fand, weil bei allen Personendampfern der größte Wert auf Einfachheit gelegt wurde und die feste Expansion den vorliegenden Verhältnissen vollkommen entsprach. Die Stevens-Steuerung zeigen die Fig. 524 bis 527.¹⁾

In der mittleren Höhe zwischen dem oberen und unteren Ventilkasten liegen vor der Maschine die beiden Steuerwellen. Mit ihren Mittellinien zusammenfallend, stoßen sie im mittleren Lager stumpf gegeneinander. Bei den ersten Maschinen waren die beiden Steuerwellen übereinander angeordnet. Jede Welle wird durch ein besonderes Exzenter von der Kurbelwelle aus angetrieben. Die Exzenterstange ist unter Benutzung eines Tritthebels ausklinkbar. Auf der Steuerwelle sitzen Hebe-
daumen, die mit Knaggen und Hubstangen die Ventile bewegen. Der Hebe-
daumen wälzt sich auf dem senkrecht zur Hubstange sitzenden Mitnehmer ab und ist so eingerichtet, daß er einen Teil seiner Bewegung ohne Anheben des Daumens zurücklegen kann. Von der Größe dieses Weges hängt der Grad der Expansion ab. Spiralfedern sind an den Hubstangen so angebracht, daß die Anschlag-
daumen immer in Berührung mit den Wälzhebeln sich befinden.

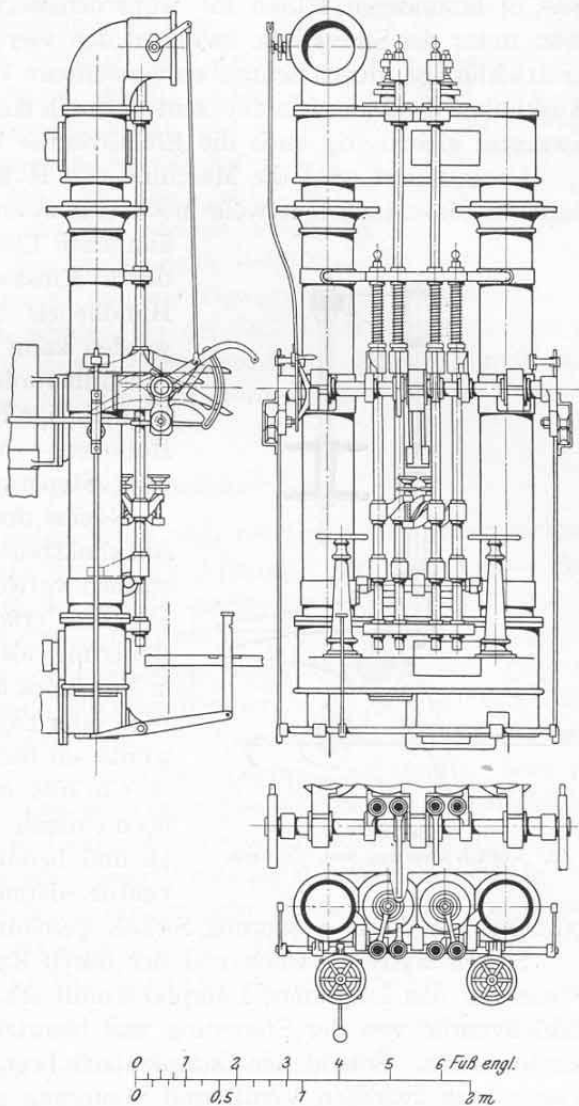


Fig. 524 bis 526. Ventilsteuerung von Stevens.

(Nach Engineer 1898, Bd. II.)

¹⁾ s. Engineer 1898, Bd. II und 1899, Bd. I.

Die Steuerung gibt nicht genau gleiche Füllung; man stellt sie so ein, daß unter dem Kolben die größere Füllung ist, da bei dem Kolbenaufgange das Gewicht des Kolbens, des Kreuzkopfes und der Schubstange mit zu heben ist. Um mit dieser Steuerung auch volle Füllung geben zu können, was in besonderen Fällen als wünschenswert empfunden wurde, ordnete man unter der Steuerwelle zwischen den vier Hubstangen in der Weise eine kraftschlüssige, durch Schrauben verstellbare Verbindung an, daß man nach Ausklinken des Dampfeinlaßexzenter durch das die Auslaßventile betätigende Exzenter gleichzeitig auch die Einlaßventile bewegen konnte.

Umgesteuert wird die Maschine von Hand. Zu dem Zweck ist unterhalb der Maschinensteuerwelle noch eine zweite Welle angebracht, mit ganz ähnlichen Einrichtungen wie die obere, die durch Einstecken eines besonders langen Handhebels im verlangten Sinne bewegt werden kann. Diese Stevens-Steuerung hat eine außerordentliche Verbreitung gefunden. Eine einzige Firma — W. & A. Fletcher in Hoboken — hat an weit über 200 Dampfern diese Steuerung erfolgreich verwendet.

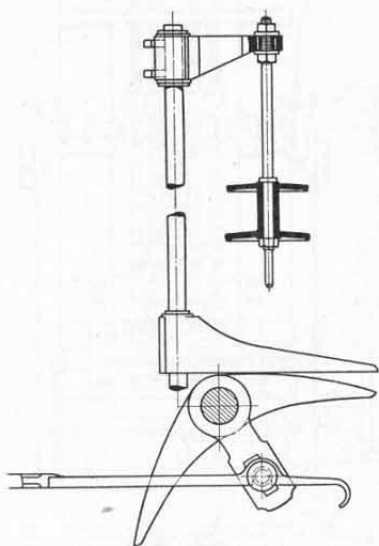


Fig. 527.

Zur Ventilsteuerung von Stevens.

Nächst der Stevens-Steuerung ist Sickels Ausklinksteuerung bei diesen Balanciermaschinen verwendet worden. Frederick E. Sickels erfand diese erste Abschnappsteuerung, als er noch in den Allaire Works in New York arbeitete und wandte sie zuerst 1838 oder 1839 bei Flußdampfern an; 1842 wurde sie ihm auch patentiert.

Corliss erfand diese Steuerung später noch einmal, brachte einige Veränderungen an und benutzte Schieber statt Doppelsitzventile, deren Anwendung übrigens in Verbindung mit dieser Steuerung Sickels geschützt war.

Sickels hatte als Übelstand der durch Exzenter angetriebenen Stevens-Steuerung den langsamen Dampfabschluß erkannt. Deshalb trennte er die Einlaßventile von der Steuerung und benutzte einen auslösbaren Klinkenmechanismus. Sobald der Dampfzutritt beendet werden sollte, wurde die Verbindung zwischen Ventil und Steuerung gelöst, worauf ein fast plötzlicher Schluß durch Gewichts- oder Federbelastung erreicht wurde. Erst bei der nächsten Dampfeinströmung wieder trat dann die Steuerung mit den Ventilen in Verbindung. Um den Niedergang des Ventils regulieren zu können und ein Aufschlagen zu verhindern, wandte Sickels einen mit Wasser, Öl oder Glycerin gefüllten, über der Ventilspindel angebrachten Puffer an.

Auch bei der Sickels-Steuerung werden die Doppelsitzventile durch senkrechte Hubstangen von der Steuerwelle angetrieben. Man verwendet

zwei oder vier Hubstangen. Um Dampf-Ein- und -Auslaßventile ganz unabhängig voneinander bewegen zu können, werden vielfach vier Hubstangen vorgezogen. Der Ausklinkmechanismus besteht aus einem auf jeder Ventilspindel angebrachten Zahnradsegment von acht Zähnen, in das ein auf der Hubstange angebrachtes ähnliches Stück beim Aufwärtshub so anstößt, daß Zahn auf Zahn fällt. Der Mitnehmer wird nun, sobald der Dampfabschluß erfolgen soll, etwas gedreht, so daß seine Zähne in die Zahnücken des zweiten Mitnehmers fallen, dieser gleitet hindurch, das Ventil wird geschlossen. Beim Aufwärtshub gehen die Zähne des aktiven Mitnehmers durch die Zahnücken des passiven, worauf durch eine zweite Drehung des aktiven Mitnehmers wieder Zahn auf Zahn fällt und der Aufwärtshub beginnen kann. Während also bei der Stevens-Steuerung die Ventilspindel dauernd in Verbindung mit den Hubstangen steht und die Auf- und Abwärtsbewegung der Ventile genau von der Bewegung der Hebedaumen auf der Steuerwelle abhängig ist, werden bei der Sickels-Steuerung die Dampfeinlaßventile vollkommen von dem Steuerungsantriebe gelöst. Durch einen Handhebel kann der Füllungsgrad verstellt werden.¹⁾

c) Mehrfach-Expansionsmaschinen.

Woolfsche Maschinen wurden schon 1824 bei diesen Balanciermaschinen verwendet, und zwar zuerst von J. P. Allaire. Bei den ersten Ausführungen stand je ein Zylinder an je einem Ende des Balanciers; der Dampfdruck betrug 25 Pfd./Qu.-Zoll (1,76 kg/qcm), war also zu gering, um eine im Verhältnis zu den größeren Gewichten und den größeren Kosten in Betracht kommende Brennstoffersparnis zu ermöglichen. Man kam deshalb bald davon ab und griff erst später wieder auf die Zweifach-Expansionsmaschine zurück, als der höhere Dampfdruck eine größere Expansion zuließ. Es wurden dann aber stets beide Zylinder an dem gleichen Ende des Balanciers in seiner Längsachse nebeneinander angeordnet.

1850 wurde von Allaire auch eine Woolfsche Maschine gebaut, bei der der 37 Zoll (940 mm) weite Hochdruckzylinder in den 80 Zoll (2032 mm) weiten Niederdruckzylinder eingebaut war. Der Hub betrug 11 Fuß (3,35 m), der Dampfdruck 70 bis 75 Pfd./Qu.-Zoll (4,92 bis 5,27 kg/qcm).

d) Abmessungen und Betriebsverhältnisse.

Die Abmessungen der Maschinen waren außerordentlich bedeutend; Balancierstützen von 12 bis 15 m Höhe, Zylinder von 1,5 bis 1,8 m Weite, Kolbenhöhe bis über 4 m kommen nicht selten vor.

¹⁾ Andere Formen von einstellbaren Abschnappsteuerungen für Raddampfer sind auch von Alex und Wells, sowie von Herman Winters entworfen worden, der statt einer sich hin- und herdrehenden eine umlaufende Steuerwelle anwandte.

Eine Übersicht über die Abmessungen und Betriebsverhältnisse der Maschine ergibt die folgende Tabelle. Weil auf diese Maschine, die sich fast gleichgeblieben ist, im nächsten Teil nicht mehr zurückgekommen wird seien auch einige der neuen Maschinen hier aufgeführt.

Name des Schiffes	Jahr der Erbauung	Länge des Schiffes m	Durchmesser des Schaufelrades m	Zylinder-Durchmesser Zoll (mm)	Hub Fuß (m)	Anzahl der Umdrehungen in der Minute	Kolbengeschwindigkeit m-Sek.
North America	1827	61	8,2	44 ¹ / ₂ (1130)	8 (2,44)	24	1,95
De Witt Clinton	1828	71	6,7	66 (1676)	10 (3,05)	29	2,95
Champlain	1832	55	6,7	44 (1118)	10 (3,05)	29	2,95
Rochester	1836	64	7,15	43 (1092)	10 (3,05)	28	2,85
Commodore Vanderbilt .	1840/50	91,5	10,65	72 (1829)	12 (3,66)	21	2,56
Hendrik Hudson	1840/50	97,5	10,0	72 (1829)	11 (3,35)	22	2,46
Connecticut	1840/50	91,5	10,65	72 (1829)	13 (3,96)	21	2,77
Isaac Newton	1846	103	11,9	81 ¹ / ₂ (2070)	12 (3,66)	18 ¹ / ₂	2,26
Bay State	1846	97,5	11,6	76 (1930)	12 (3,66)	21 ¹ / ₂	2,62
New World ¹⁾	1849	114	13,8	76 (1930)	15 (4,57)	18	2,74
Newport ²⁾	1865	101	11,0	85 (2159)	12 (3,66)	16 ¹ / ₂	2,01
Old Colony	1865	94,5	11,0	81 (2057)	12 (3,66)	16 ¹ / ₂	2,01
Bristol ³⁾	1867	110	12,0	110 (2794)	12 (3,66)	17 ¹ / ₂	2,14
Old Dominion	1872	76	8,85	75 (1905)	11 (3,35)	20	2,23
Puritan ⁴⁾	1889	128	10,65	75 (1905) 110 (2794)	9 (2,74) 14 (4,27)	22	2,01 3,13
Portland	1890	87,5	10,65	62 (1575)	12 (3,66)	15	1,83
Adirondack ⁵⁾	1895	126	9,15	81 (2057)	12 (3,66)	26	3,17
City of Buffalo	1896	94	8,7	52 (1321) 80 (2032)	8 (2,44) 12 (3,66)	24	1,95 2,93

B. Die Balanciermaschine.

a) Doppellarmige Seitenhebelmaschinen.

Die amerikanische Form mit hochliegendem Balancier fand in Europa keinen Eingang. Hier entwickelte sich ebenfalls aus der normalen Wattschen Betriebsmaschine die Seitenhebelmaschine, bei der zu beiden Seiten der Maschine der Balancier angeordnet war. An dem einen Arme des Hebels

¹⁾ 0,53 Füllung.

²⁾ 27 Pfd./Qu.-Zoll (1,9 kg/qcm) Überdruck, verbrauchten 2¹/₃ lbs. (1,06 kg) Kohlen für 1 PS-st.

³⁾ 22 Pfd./Qu.-Zoll, (1,55 kg/qcm), 3¹/₂ lbs. Kohlen.

⁴⁾ 0,53 Füllung, 1,8 lbs. (0,816 kg) Kohlen, 7500 PS.

⁵⁾ 55 Pfd./Qu.-Zoll (3,87 kg/qcm), 4000 PS.

griffen die Schubstangen, am anderen Hebelende die vom Kreuzkopf ausgehenden Stangen an. Kondensator und Luftpumpe standen zwischen Zylinder und Schubstange in der Mitte der Maschine.

Diese Bauart, die jahrzehntelang vorherrschte, wurde von der Watt'schen Firma in Soho schon 1814 für zwei kleine Clyde-Boote ausgeführt.¹⁾ Die größeren Ausführungen beginnen etwa von 1817 an. Bis 1837 war es fast die einzige Bauart der europäischen Schiffsmaschinen. Nur unwesentlich sind die Veränderungen, die diese Maschinenart im Laufe der Jahrzehnte durchzumachen hatte. Sie erstrecken sich zumeist nur auf eine andere Formgebung des Gestelles, sowie auf geringe Veränderungen der Steuerung.

Das Gestell war zunächst ausschließlich aus Gußeisen. Besonders die englischen Konstrukteure liebten sehr kräftige Formen, im Gegensatz zu den französischen Ausführungen, bei denen das Streben nach Gewichtsverminderung allerdings zuweilen auf Kosten der Festigkeit befriedigt wurde. Vielfache Brüche, die bei den ersten Ausführungen der Schiffsmaschinen vorkamen, mögen zu dieser kräftigen englischen Ausführung geführt haben. Besonders als man begann, die Schiffsmaschinen auch den Meeresstürmen auszusetzen, kamen selbst bei den bestgearbeiteten Maschinen aus Soho so viel Betriebsstörungen durch Brüche vor, daß der Geschäftsführer Watts in London (1819) erklärte, daß solche Brüche bei Seeschiffahrten überhaupt nicht zu vermeiden wären. Die Ursache für diese zahlreichen Brüche im Anfange der Entwicklung wurde später in Wasserschlägen im Zylinder gefunden, die zur Zerstörung führen mußten, da Sicherheitsventile an den ersten Zylindern nicht vorhanden waren und auch die von Soho anfänglich stets verwandten D-Schieber sich nicht von ihrer Sitzfläche abheben ließen, um so das Wasser austreten zu lassen.²⁾

Fig. 528 zeigt eine in Soho erbaute Seitenhebelmaschine des Schiffes „Red Rover“. Zylinderdurchmesser $43\frac{1}{2}$ Zoll (1105 mm), Hub 42 Zoll (1,07 m). Maschine und Kessel stehen auf langen durchgehenden Holzbalken, die man mit Vorliebe aus dem sehr festen afrikanischen Eichenholz machte. Vom Kessel aus tritt der Dampf durch einen ringförmigen Kanal, der den Zylinder in der oberen Hälfte umgibt, in den Schieberkasten. Der D-Schieber wird von der Kurbelwelle aus durch ein Exzenter mit einem Winkelhebel bewegt; sein Gewicht ist durch ein Gegengewicht ausgeglichen. Unmittelbar neben dem Zylinder steht der Einspritzkondensator und die Luftpumpe, woraus möglichst kurze Überströmkanäle vom Schieberkasten zum Kondensator sich ergeben. Zylinder und Kondensator sind mit dem bogenartig aufgebauten Gestell durch einen vielfach durch-

¹⁾ s. Busley, Z. d. V. d. Ing. 1891, S. 718.

²⁾ Daraus erklärte sich auch, daß zu der gleichen Zeit, als die vorzüglich gearbeiteten Maschinen von Soho brachen, die weit weniger sorgfältig ausgeführten Maschinen von D. Napier sich gut bewährten, weil hier gewöhnliche Muschelschieber, die sich abheben und dem Wasser einen Ausfluß gestatteten, angewendet waren.

brochenen gußeisernen Träger, der die Kurbelwelle zu tragen hat, verbunden. Die Kolbenstange wird durch Lenker ähnlich dem von Soho von 1808 an bei ihren Landmaschinen angewendeten Parallelogramm geradegeführt.

Das Einspritzwasser wurde direkt aus dem Fluß entnommen; doch war vorgesehen, auch bei einem etwaigen Leckwerden des Schiffes das Einspritzwasser aus dem Schiff zu entnehmen, ein Vorteil, der hochgeschätzt wurde.

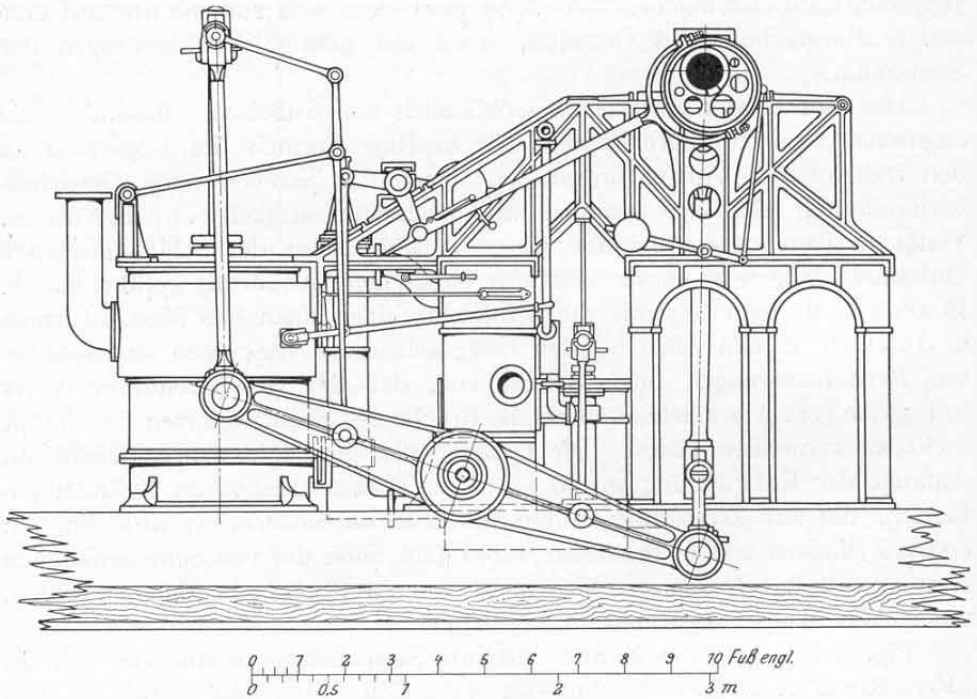


Fig. 528. Seitenbalanciermaschine, Soho um 1830.

(Nach Tredgold, Steam Engine, London 1838.)

Die Umsteuerung dieser Maschine geschah durch die damals ganz allgemein verbreitete Steuerung mit einem losen Exzenter. Die Exzenterstange wurde ausgeklinkt, der Schieber dann entsprechend der gewünschten Drehrichtung eingestellt, worauf bei der eintretenden Maschinendrehung sich das lose Exzenter gegen den der eingeleiteten Drehung entsprechenden festen Ansatz legte. Jetzt konnte die Exzenterstange wieder eingerückt, und so die Steuerung wieder der Maschine selbst überlassen werden.

Das Gewicht der Schieber war bei besseren Ausführungen stets ausgeglichen; aber trotzdem gehörte eine sehr bedeutende Kraftanstrengung dazu, die Schieber zu bewegen, und manchmal mußten an den langen Handhebeln mehrere Männer ihre ganze Muskelkraft anwenden, um den Schieber vom Fleck zu bekommen.

Von Soho aus ging die Bauart der Seitenhebelmaschine auf all die anderen bedeutenden englischen und französischen Schiffsmaschinenfabriken über.

Die Konstrukteure suchten dem schweren Gestell eine gefälligere Form zu geben. Da man es damals noch nicht verstand, die Schönheit der Form den in der Kraftwirkung und Arbeitsäußerung der Maschine liegenden Schönheitsgesetzen zu entnehmen, so borgte man sich Formen aus der Architektur. Man kam zu „dorischen“ und „gotischen“ Schiffsmaschinen. Maudslay bevorzugte die Gotik. Die Spitzbogen wurden mit größter Liebe bis auf das Gegengewicht der Kurbel angewendet, das auch schließlich den Beschauer mehr an ein Kirchenfenster, als an Massenausgleich erinnerte. Auch Napier baute gotische Maschinen, während Fawcett in Liverpool und nach ihm Caird sich bemühten, die Schiffsmaschinen „dorischen Tempeln“ nachzubilden.

Sobald es gelungen war, die Schiffsmaschine auch auf offener See in betriebsfähigem Zustande zu erhalten, begannen sich die Marine-Verwaltungen der einzelnen Staaten für die Schiffsmaschine zu interessieren.

Eine von Maudslay anfangs der 30er Jahre für die Fregatte „Phönix“ ausgeführte Schiffsmaschine zeigt Fig. 529. Hier waren bereits alle bewegten Teile außer dem Balancier aus Schmiedeeisen. Der Kolben hatte metallische Liderung. Die Maschine konnte sehr leicht von der Radwelle, falls man mit dem Schiff segeln wollte, losgekuppelt werden. Bei $55\frac{1}{2}$ Zoll (1410 mm) Zylinderdurchmesser, 60 Zoll (1,52 m) Hub hatte jede der beiden Maschinen 110 nom. PS.¹⁾ Der Tonnengehalt des Schiffes betrug rund 800 Tonnen.

Eine Maschine von Caird & Co. in Greenock, bei der die Kurbelwelle von zwei Reihen dorischer Säulen getragen wird, zeigt Fig. 530.

Die Achse des Balanciers ging durch den Kondensator. Das erwies sich als sehr nachteilig, da man die Durchgangsstelle schwer dicht halten konnte. Man suchte sich dadurch zu helfen, daß man die Balancierachse

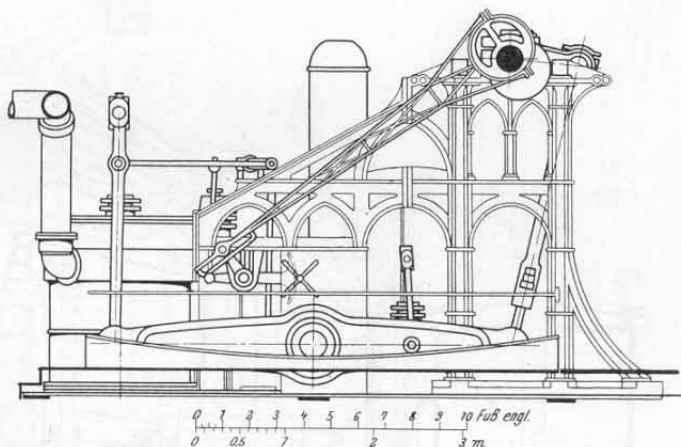


Fig. 529. Seitenbalanciermaschine der Fregatte „Phönix“ von Maudslay um 1830.

(Nach Tredgold, Steam Engine, London 1838.)

¹⁾ Über den Begriff nominelle Leistung s. S. 748.

durch ein miteingegossenes Rohr hindurchgehen ließ. Durch die ungleiche Erwärmung traten aber oft Spannungen auf, denen die flachwandigen, gußeisernen Kondensatorwände nicht gewachsen waren. Brüche waren die notwendige Folge. Man ging deshalb immer mehr dazu über, den Kondensator als großes weites Rohr auszubilden und die Balancierachse in besonders ausgebildeten Lagerböcken zu lagern.

Das Gewicht der Maschine suchte man zu verringern, indem man das Gußeisen durch geeignete schmiedeeiserne Konstruktionen ersetzte, wobei man noch den Vorteil hatte, Brüchen nicht so leicht ausgesetzt zu sein.

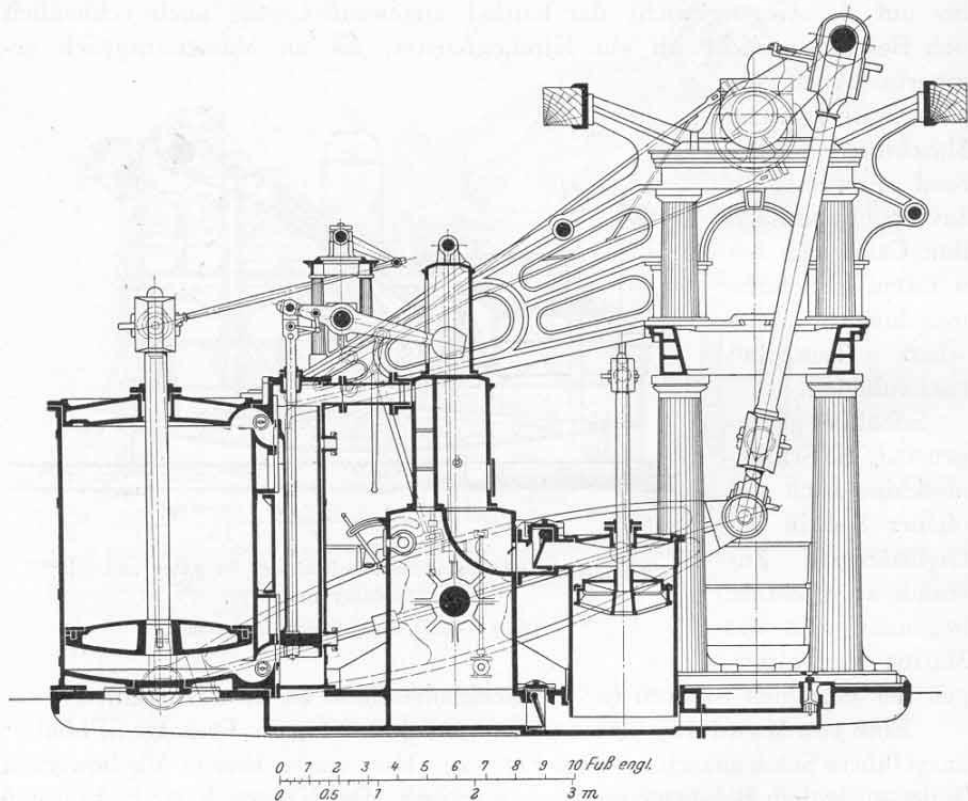


Fig. 530. Seitenhebelmaschine von Caird & Co. in Greenock um 1845.

(Nach Bourne, Steam Engine, London 1853.)

Eine von R. Napier in Glasgow herrührende Konstruktion zeigt Fig. 531. Die Maschine gehörte zu dem Schiff „City of London“.

Schmiedeeiserne Säulen hatten die Kurbelwelle zu tragen, sie waren mit dem den Zylinder und Kondensator verbindenden gußeisernen Querstück durch schmiedeeiserne Schrägstangen entsprechend verbunden.

Ebenfalls ein leichtes schmiedeeisernes Gestell zeigt die 1841 von Cockerill für den Kölner Rheindampfer „Germania“ erbaute 40pferdige Seitenhebelmaschine, die bis 1905 im Betrieb gewesen ist, um dann im Deutschen Museum zu München einen Platz zu finden, Fig. 533.

Die weitere Entwicklung der Seitenbalanciermaschine weist nur den Ersatz der Lenkergeradföhrung durch Gleitbahnen, die auf dem Zylinder angebracht wurden, auf. Ferner wurde ein besonderes Expansionsorgan vielfach noch hinzugefügt und gewöhnlich noch eine Kupplung angebracht, die es gestattete, die Radwelle von der Maschine zu trennen.

Der Hauptnachteil der Maschinengattung, der in dem riesigen Gewicht lag, ließ sich dadurch natürlich nicht beseitigen. Die Bauart hatte aber auch Vorteile, die ihre lange Lebensdauer erklärlich machen. Die Maschinen wiesen guten Ausgleich ihrer bewegten Teile auf. Der Dampfkolben war im Ruhezustand stets im Gleichgewicht, und nur ein geringer Dampf-

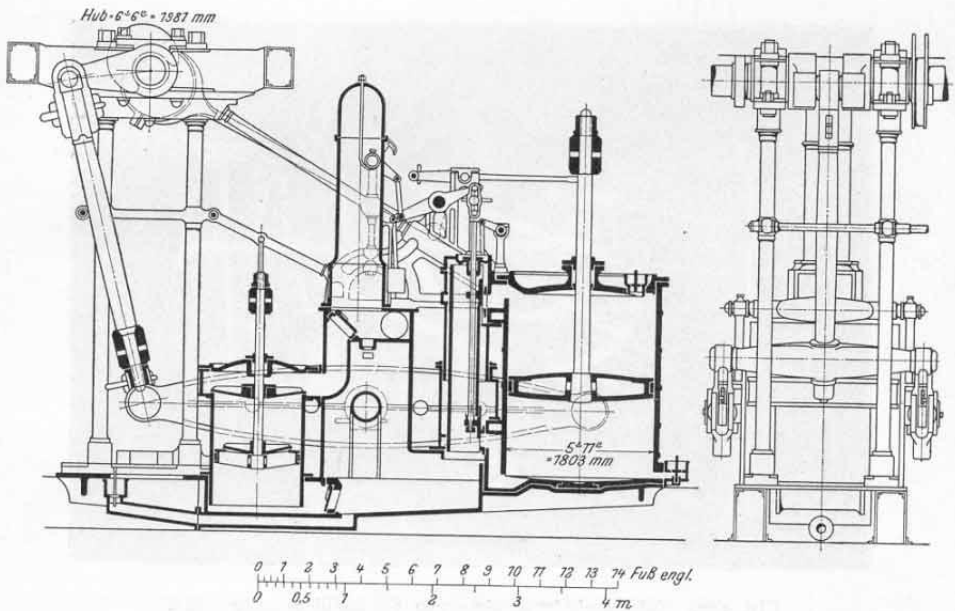


Fig. 531 und 532. Seitenhebelmaschine von Napier um 1845.

(Nach Bourne, Steam Engine, London 1853.)

druck genögte, um ihn zu bewegen. Waren die beiden Kurbeln zusammengekuppelt, so sprang deshalb die Maschine sehr gut an, ein Vorteil, der für Schiffsmaschinen auch heute noch naturgemäß sehr wesentlich ist.

Die Anordnung ermöglichte auch lange Kolbenstangen und dadurch eine gleichmäßige Übertragung des Kolbendruckes auf die Kurbel. Die Reibungsarbeit innerhalb der Maschine war verhältnismäßig nur klein, besonders wenn man berücksichtigt, daß die Kolbengeschwindigkeit meistens nicht viel mehr als 1 m/sk betrug. Damit aber gewann sie den weiteren Vorzug, daß man geringe Abnutzung, wenig Ausbesserungen hatte. Der große Raumbedarf und das große Gewicht der Seitenhebelmaschine machten es aber bald der direktwirkenden Maschine immer leichter, sich einzuföhren. Die neuen Maschinen, vor allem auch vielfach mit wesentlich bequemerer

Steuerung ausgerüstet, verdrängten von den 50er Jahren an schließlich ganz die Seitenhebelmaschinen.

b) Die einarmige Seitenhebelmaschine.

Die Seitenhebelmaschinen gehen in der Anordnung bis auf die ersten Dampfer Bells zurück. Sie wurden aber zunächst fast ganz durch die doppelarmige Hebelmaschine ersetzt; nur wenige Ausführungen hatte diese Bauart in den nächsten Jahrzehnten aufzuweisen. Erst Mitte der 40er Jahre finden sie dank eines besonderen Vorzuges, der für Schleppe-dampfer wichtig wurde, auf diesem Gebiete mehrfache Anwendung. Als

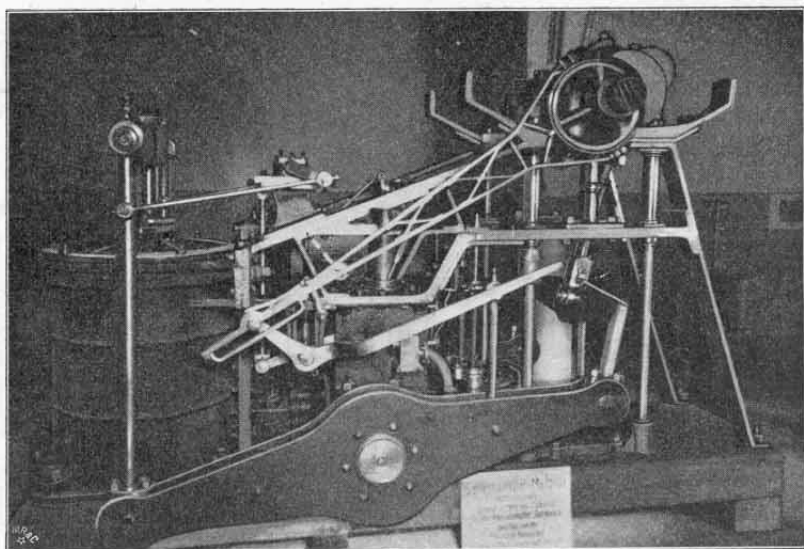


Fig. 533. Seitenhebelmaschine von Cockerill-Seraing 1841.

(Deutsches Museum, München.)

Beispiel für diese Maschinengattung diene die Steuerbordmaschine des Bremer Dampfers „Comet“, dessen Maschine, 1857 von Thompson & Wood in Newcastle erbaut, noch Anfang der 90er Jahre für den Norddeutschen Lloyd tätig war, Fig. 534.¹⁾

Die Maschine hatte 725 mm Zylinderdurchmesser, 1,16 m Hub. Die mittlere Kolbengeschwindigkeit betrug 1,4 m/sk bei 36 Umdrehungen in der Minute. Die Leistung der Maschine wurde auf 180 PS_i geschätzt. Der Einspritzkondensator, der bei den gleicharmigen Seitenbalanciermaschinen neben dem Zylinder stand, war hier unter dem Zylinder eingebaut. Luftpumpe und Speisepumpe wurden in üblicher Weise vom Balancier aus angetrieben. Die Steuerung geschah wie bei den vorhergehend besprochenen

¹⁾ s. Busley, Z. d. V. d. Ing. 1891, S. 721.

Maschinen von einem losen Exzenter aus. Vor dem Grundschieber war ein Expansionschieber angeordnet.

Als Vorteil dieser Bauart wurde geringerer Raumbedarf und kleineres Gewicht geltend gemacht. Die ganze Anordnung war gedrungener, fester,

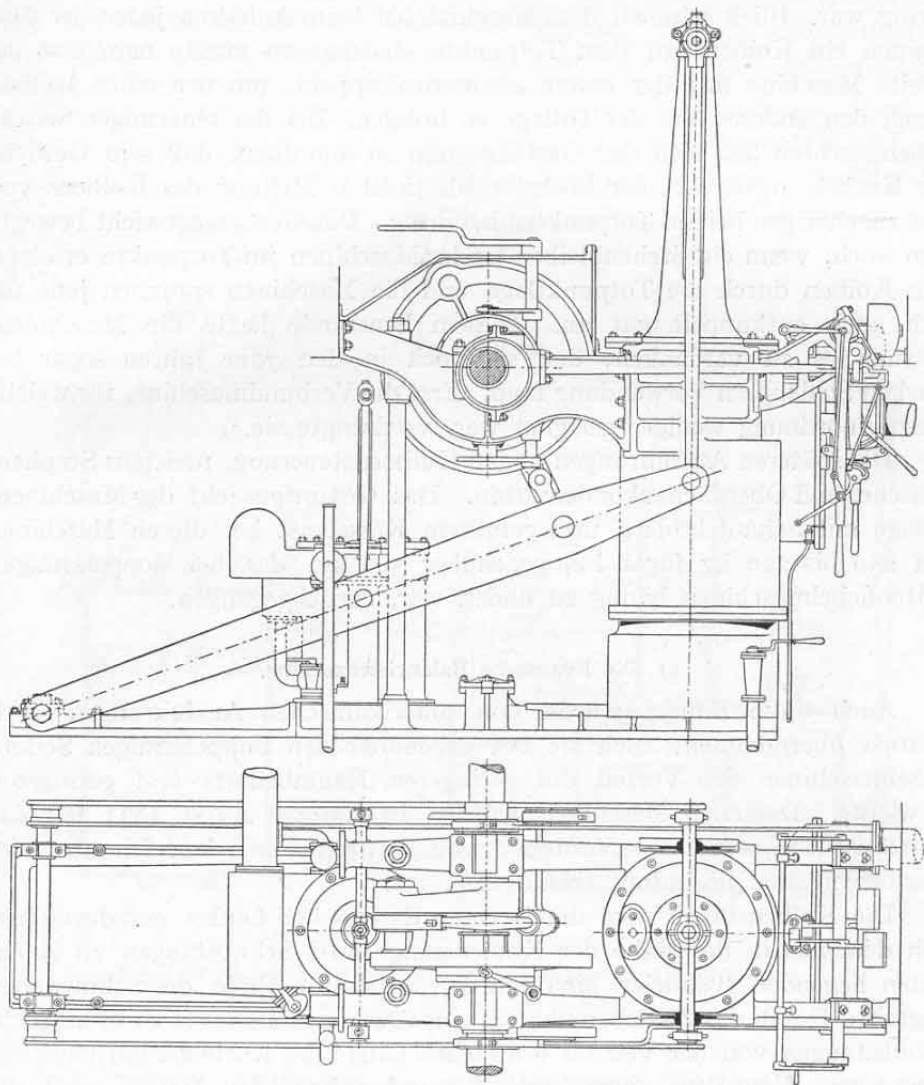


Fig. 534 und 535. Einarmige Seitenhebelmaschine von Thompson & Wood 1857.

da die Kurbelwellenlager unmittelbar durch kurze Zwischenstücke mit dem Zylinder verbunden werden konnten. Der Drehpunkt des Balanciers ließ sich, weil nur nach der einen Seite ein Ausschlag erforderlich war, so tief anordnen, daß alle in der Maschine auftretenden Stöße unmittelbar auf das Fundament übertragen werden konnten. Noch ein besonderer Vorteil kam

gegenüber den doppelarmigen Maschinen hinzu, der die einarmige Seitenhebelmaschine besonders als Betriebsmaschine für Schleppdampfer geeignet erscheinen ließ. Als man nämlich Mitte der 40er Jahre es für notwendig fand, bei Schleppern die Schaufelräder loskuppeln zu können, sah man, daß die Manövrierfähigkeit der losgekuppelten doppelarmigen Maschine gering war. blieb nämlich dem Maschinisten beim Anhalten jeder der Maschinen ein Kolben auf dem Totpunkte stecken, so mußte man erst die zweite Maschine mit der ersten zusammenkuppeln, um den einen Kolben durch den anderen aus der Totlage zu bringen. Bei der einarmigen Seitenhebelmaschine ließ sich das Gestänge nun so anordnen, daß sein Gewicht die Kurbel sowohl bei der höchsten als tiefsten Stellung des Kolbens von den zugehörigen beiden Totpunkten herabzog. Das Gestängengewicht bewegte also auch, wenn ein Stehenbleiben beider Maschinen im Totpunkte erfolgte, den Kolben durch die Totpunktlage und die Maschinen sprangen jede für sich auch entkuppelt gut an. Diesem Umstande hatte die Maschinen-gattung es zu verdanken, daß sie noch in den 70er Jahren sogar bei starken Schleppern Verwendung fand. Erst die Verbundmaschine, für welche diese Anordnung weniger geeignet war, verdrängte sie.¹⁾

Die späteren Ausführungen zeigen Kulissensteuerung, meistens Stephenson'sche, und Oberflächenkondensation. Das Gesamtgewicht der Maschinenanlage mit Schaufelrädern und gefülltem Kessel ist bei diesen Maschinen auf 250 bis 220 kg für 1 PS_i gegenüber 500 kg, das bei doppelarmigen Seitenhebelmaschinen häufig zu finden war, zurückgegangen.

c) Die Evanssche Balanciermaschine.

Auch diese Bauart wurde von amerikanischen Ausführungen nach Europa übernommen, auch sie bot gegenüber den doppelarmigen Seitenhebelmaschinen den Vorteil des geringeren Raumbedarfs und geringeren Gewichts. Derartige Maschinen wurden in Europa zuerst 1834 für das französische Kriegsschiff „Vautour“ von Gengembre, dem Direktor der Marinewerkstatt in Indret, erbaut, Fig. 536.

Die Kolbenstange wird durch einen Evansschen Lenker geradegeführt, von dem aus in der Nähe der Kolbenstange zwei Schubstangen zu einem unten liegenden Balancier hinabführen, an dessen Ende die Schubstange angreift. Durch das Zwischenschalten eines zweiten Balanciers ist es möglich, Schubstangen von der vier bis fünffachen Länge des Kurbelhalbmessers anzuwenden. Von dem einen Ende des unten liegenden Hebels wird die Luftpumpe angetrieben.

Die Lager der Radwelle waren mit der Grundplatte nur durch zwei oben und unten drehbar gelagerte Stützen verbunden. Längsverschiebung

¹⁾ Eine Ausführung dieser „grasshopper engines“ von J. & G. Rennie s. Engineer 1868 Sept. Es sind 50pferdige Maschinen mit 29 Zoll (737 mm) Zylinderdurchmesser, 3 Fuß (0,91 m) Hub, Zahl der Umdrehungen 44,8.

gen, die im hölzernen Schiff leicht vorkamen, sollten durch diese nachgiebige Gestellanordnung unschädlich gemacht werden. Zur Dampfverteilung dienten Kolbenschieber, und zwar je zwei für Einlaß und zwei für Auslaß, die seitlich neben dem Zylinder angeordnet waren. Die aus Rotguß gefertigten Kolbenschieber besaßen eine Nachstellvorrichtung durch Keil und Schrauben, die sich aber nicht bewährte. Die Schieberbewegung wurde in der üblichen Weise vom losen Exzenter aus mit Winkelhebeln erreicht.

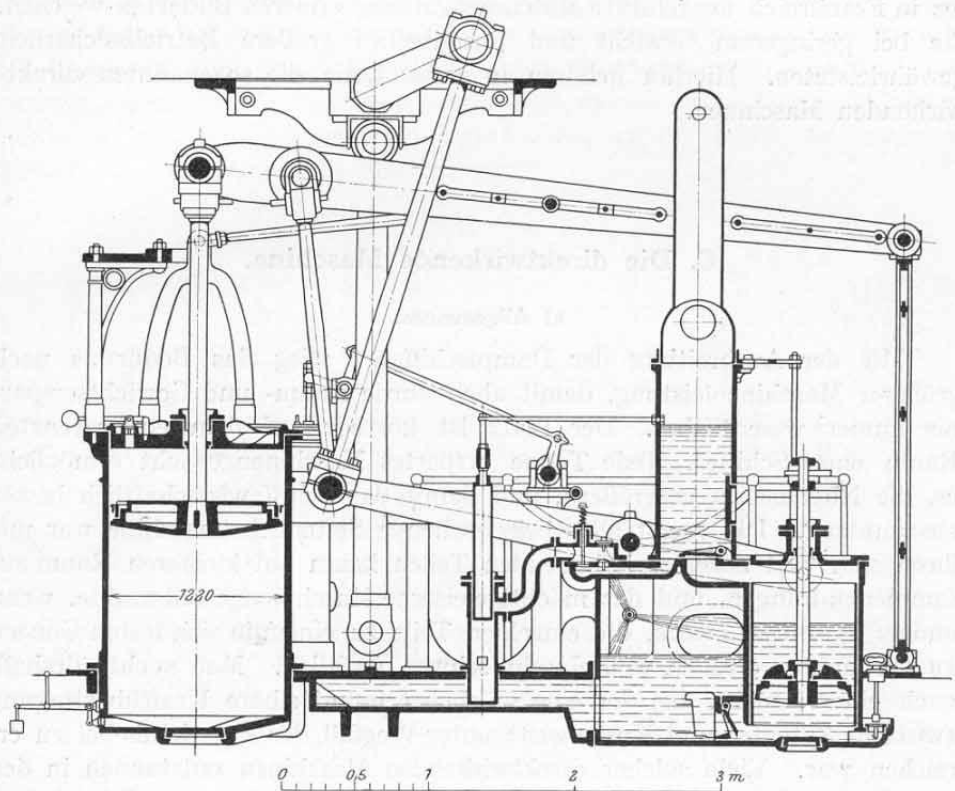


Fig. 536. Schiffsmaschine mit Evans-Balancier, Frankreich 1834.

(Nach Armengaud, Publ. ind., Bd. II, Tafel 14.)

Der Wunsch, veränderliche Expansion zu geben, führte den Konstrukteur zu einer sehr verwickelten kraftschlüssigen Hebelanordnung zwischen Exzenterstange und den Einlaßkolbenschiebern, die eine Füllungsveränderung von 0 bis 0,45 des Hubes zuließ. Jede der Maschinen leistete 80 PS.¹⁾

Einige Jahre nach dieser Ausführung nahm diese Maschinenbauart auch

¹⁾ s. ausführliche Beschreibung Armengaud, Publ. ind., Bd. II, S. 169, Tafel 11 bis 14.

Gâche ainé in Nantes¹⁾ auf, von dem sie wieder von den Gebr. Gâche in Paris übernommen wurde. Hier wurde sie besonders bei Dampfern für kleinere Flüsse mit geringem Wasserstand gebaut, bei denen mit Rücksicht auf den geringen Tiefgang, den die Schiffe haben konnten, mit dem Maschinengewicht außerordentlich gespart werden mußte.

Die Bauart mußte aber schließlich doch aufgegeben werden, da die Verbindung zwischen Maschine, den Kurbelwellenlagern und den beiden Maschinen untereinander zu leicht war, so daß Brüche, vor allem des Balanciers, an der Tagesordnung waren. So mußte auch diese fast ausnahmslos in Frankreich ausgeführte Maschinengattung anderen Bauarten weichen, die bei geringerem Gewicht und Raumbedarf größere Betriebssicherheit gewährleisteten. Hierhin gehören in erster Linie die sogenannten direktwirkenden Maschinen.

C. Die direktwirkende Maschine.

a) Allgemeines.

Mit der Ausbreitung der Dampfschiffahrt stieg das Bedürfnis nach größerer Maschinenleistung, damit aber wurde Raum- und Gewichtsersparnis immer wesentlicher. Der Platz ist kostbar auf dem engbegrenzten Raum eines Schiffes. Jede Tonne erspartes Maschinengewicht ermöglicht es, die Nutzlast zu vergrößern, und damit das Schiff wirtschaftlich besser auszunutzen. Die zuerst alles beherrschende Seitenhebelmaschine war mit ihren sich weit auseinanderbauenden Teilen kaum auf kleineren Raum zusammenzudrängen, und das mächtige eiserne Maschinengestell mußte, wenn anders es seinen Zweck, die einzelnen Teile zu einem in sich festen Ganzen zu verbinden, erfüllen wollte, sehr schwer ausfallen. Man suchte deshalb nach einer Bauart, bei der eine möglichst unmittelbare Kraftübertragung zwischen Zylinder und Kurbelwelle unter Wegfall der Zwischenhebel zu erreichen war. Viele solcher direktwirkenden Maschinen entstanden in den 40er Jahren und verdrängten schließlich fast ganz die alten Seitenhebelmaschinen: Man unterschied etwa sechs verschiedene Bauarten der direktwirkenden Maschine.

Bei einer Gruppe, die nach dem Schiff, in das sie zuerst eingebaut, als „Gorgon-Maschine“ bezeichnet wurde, folgten sich Zylinder, Kreuzkopf, Schubstange und Kurbel wie bei den normalen Betriebsmaschinen mit obenerliegenden Welle. Auch bei den sog. Turmmaschinen, den „steeple engines“,

¹⁾ Die Fabrik wurde 1832 gegründet. Die ersten Dampfer für die Loire wurden hier erbaut. Die Konstruktionen waren durch ihr geringes Gewicht besonders berühmt. Die Firma lieferte in den 40er Jahren auch Schiffsmaschinen für Weichsel, Mosel, Neckar usw. s. Armengaud, Publ. ind., Bd. X, S. 110.

stand der Zylinder unter der Kurbelwelle, Kreuzkopf und Schubstange aber lagen hier über der Kurbel.

Weitere Bauarten der stehenden Maschinen sind die Zweizylinder- oder T-Plattenmaschinen von Maudslay, die Maschine mit Doppelkreuzkopf von Bury und Fawcett, besonders aber auch die oszillierende Maschine von Penn, bei der in den meisten Fällen auch die Zylinder senkrecht unter der Kurbelwelle stehen. Die oszillierende Maschine wurde auch mit schrägliegenden, und bei ganz kleinen Ausführungen wohl auch mit wagerechtliegenden Zylindern ausgeführt. Auch die Trunk-Maschine, die später als Schraubenschiffsmaschine große Bedeutung gewann, findet hier die erste Verwendung. Als sechste Gruppe der direktwirkenden Maschinen lassen sich die Maschinen mit wagerechten und schrägliegenden festen Zylindern zusammenfassen, die in den 40er Jahren sich in den Schiffsbau einzuführen begannen und in ihrer weiteren Entwicklung zu der heute herrschenden Bauart für Ruderradschiffe führten.

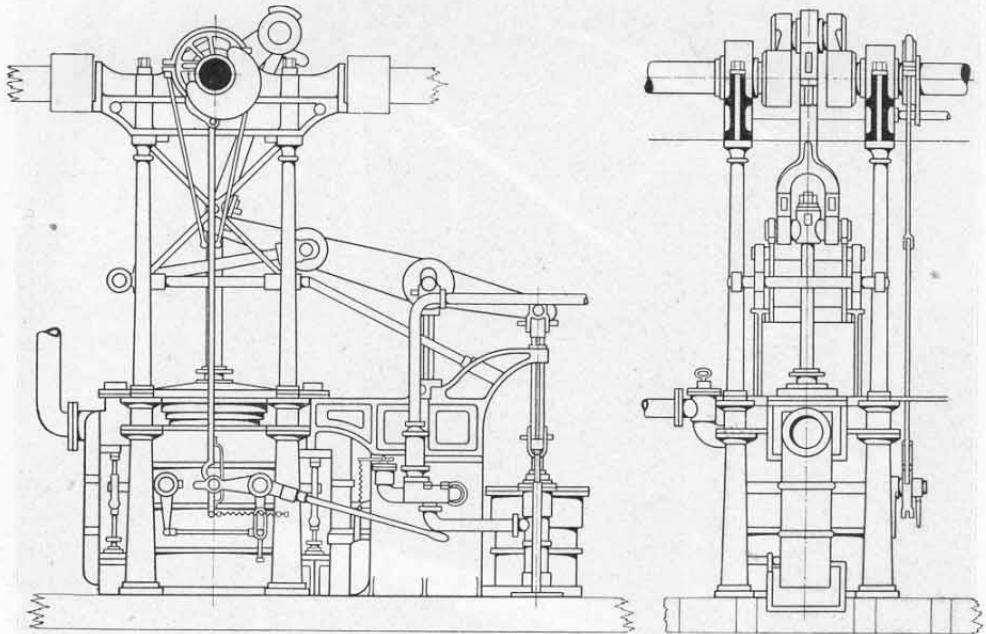


Fig. 537 und 538. Die „Gorgon“-Maschine von Seaward & Co. 1837.

(Nach Engineer 1897, Bd. II.)

b) Die „Gorgon“-Maschine.

Die Fregatte Gorgon der englischen Marine war 1837 mit 183 Fuß (55,8 m) Decklänge, 37 Fuß (11,3 m) Breite zwischen den Radkasten und 1150 Tonnen Wasserverdrängung, das größte und mächtigste Kriegsschiff der Welt. Die Maschine, von Seaward & Co. geliefert, Fig. 537 u. 538, wurde vorbildlich für viele Ausführungen in den nächsten 10 Jahren. Ein Modell

dieser geschichtlich denkwürdigen Maschine steht im Kensington-Museum, Fig. 539.

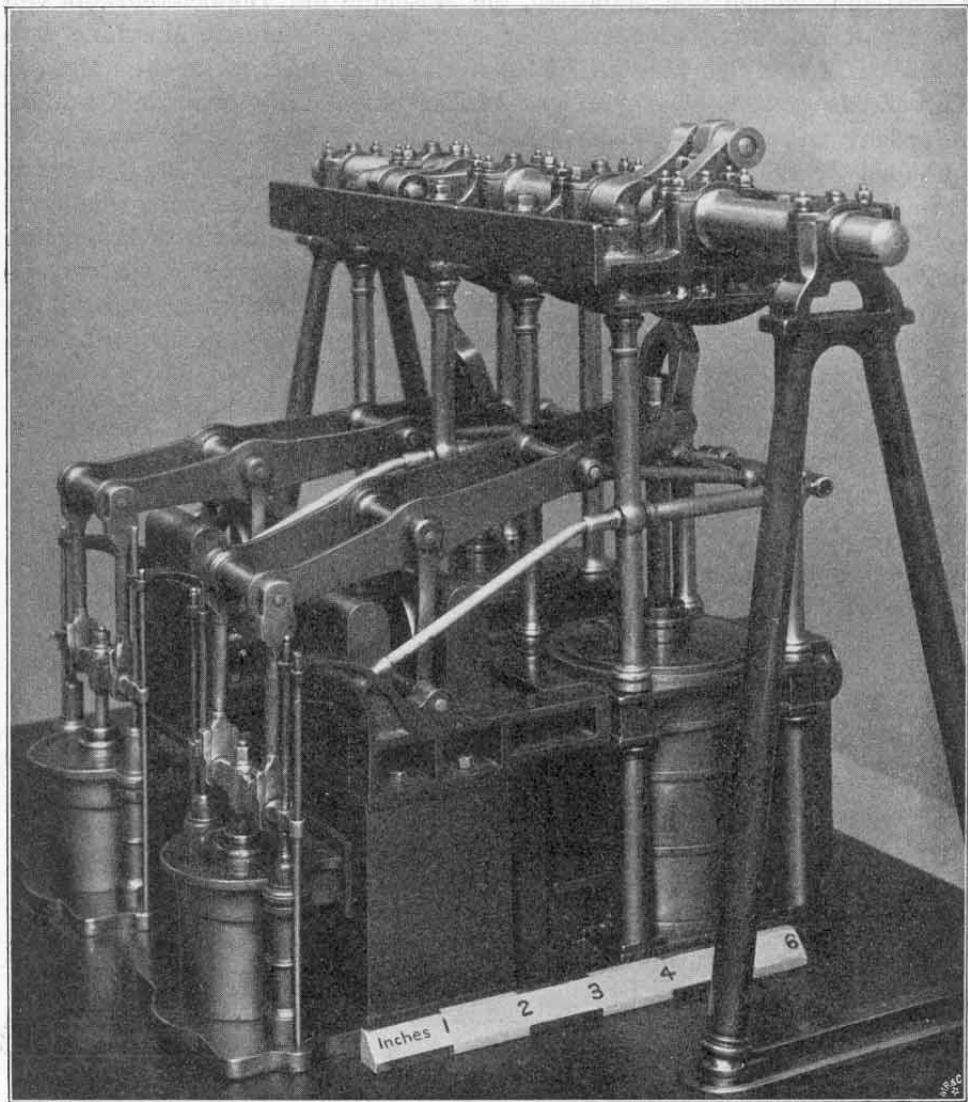


Fig. 539. Modell der „Gorgon“-Maschine.

(Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

Der Zylinder steht unmittelbar unter der Kurbelwelle auf einer starken, mit dem Kondensator aus einem Stück gegossenen Grundplatte. Auf dem Zylinder erheben sich vier schmiedeeiserne 7 Zoll (178 mm) starke Säulen, die oben den gußeisernen Rahmen mit den Hauptlagern tragen. Die Gradführung geschieht durch einen Evans-Lenker, von dessen Verlängerung die

Luftpumpe angetrieben wird. Die Zylinder haben 64 Zoll (1626 mm) Durchmesser bei 5,5 Fuß (1,68 m) Hub. Die Dampfverteilung geschieht durch vier getrennte kurze Schieber, zwei für Einlaß, zwei für Auslaß, eine Einrichtung, die 1835 Seawards patentiert wurde und auch gleich danach in dem englischen Kriegsschiff *Megaera* eingebaut wurde.

Diese Steuerung erschien so vorteilhaft, daß gleich darauf zwei der größten Schiffe damit ausgerüstet wurden. Die Umsteuerung geschah bei diesen Maschinen in der üblichen Weise durch ein loses Exzenter und ausklinkbare Exzenterstange, wie vorher beschrieben. Die Fig. 540 u. 541 lassen die Seaward-Steuerung in Schnitt und Ansicht erkennen.¹⁾

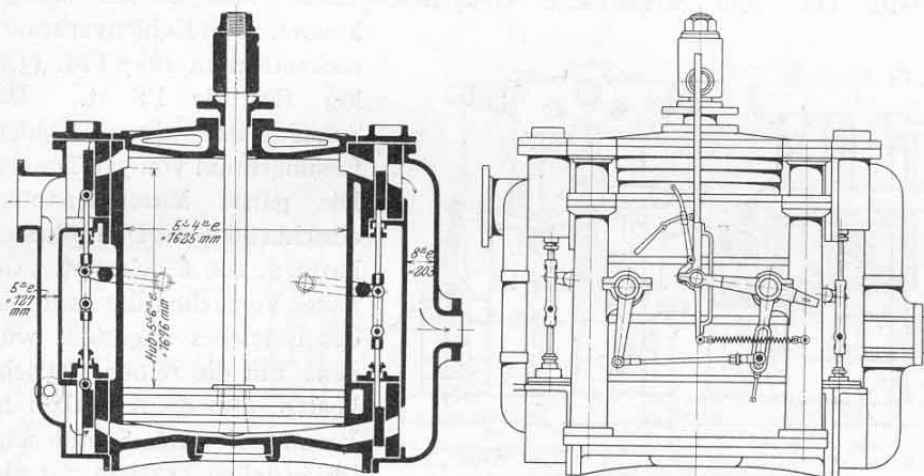


Fig. 540 und 541. Seaward-Steuerung 1835.

(Nach Tredgold, Steam Engine, App. C.)

Die Schiebergehäuse sind hier noch wie bei der Gorgon-Maschine nicht an den Zylinder gegossen, sondern nur mit ihm verschraubt. Spätere Ausführungen zeigen sie angegossen; dann wurde aber in den sie verbindenden Dampfkanal ein schmiedeeisernes Stück so eingesetzt, daß es die Wärme- dehnung gut aufnehmen konnte. Die Expansion ließ sich durch Längen- änderung des vor dem Zylinder liegenden Verbindungshebels verändern.

Die Schieber waren aus Gußeisen und schliffen auf besonders ein- gesetzten gußeisernen Grundplatten. Sie wurden schwalbenschwanzartig geführt und durch Überdruck an ihre Gleitflächen angedrückt. Die Auslaß- schieber glitten deshalb auf der dem Zylinder abgewendeten Seite. Ge- wöhnlich wurde mit $\frac{3}{4}$ Füllung gefahren. Der Querschnitt der Dampf- eintrittsöffnung verhielt sich zum Zylinderquerschnitt wie 1:47,13, der der

¹⁾ Genau die gleiche Maschine wurde 1838 bis 1839 in das Kriegsschiff *Cyclops* eingebaut. Sehr ausführlich beschrieben mit vielen Tafeln, Tredgold, Steam Engine, London 1838, App. C.

Austrittsöffnung 1:29,17. Der Inhalt des Kondensators zum Zylinderinhalt verhielt sich wie 1:2,3, der Hub der Luftpumpe war gleich $\frac{1}{2}$ des Dampfkolbenhubes, der Durchmesser betrug 36 Zoll (914 mm), die Kessel arbeiteten mit $3\frac{1}{2}$ Pfd./Qu.-Zoll (0,25 kg/qcm) Überdruck. Bei 19 Umdrehungen in der Minute war die nominelle Leistung der Maschine 160 PS; als ind. Leistung wurde 260 PS angegeben. Die beiden Maschinen wogen 123 t, die vier Kessel 53 t. Es kamen, wenn man das Gewicht von Maschine und Kessel in betriebsfertigem Zustande rechnete, etwa 670 kg auf 1 PS. Daraus läßt sich schließen, wie außerordentlich schwer die Seitenhebelmaschine im Durchschnitt ausgefallen sein muß, wenn mit diesen Zahlen bereits eine sehr wesentliche Gewichtsersparnis nachgewiesen werden

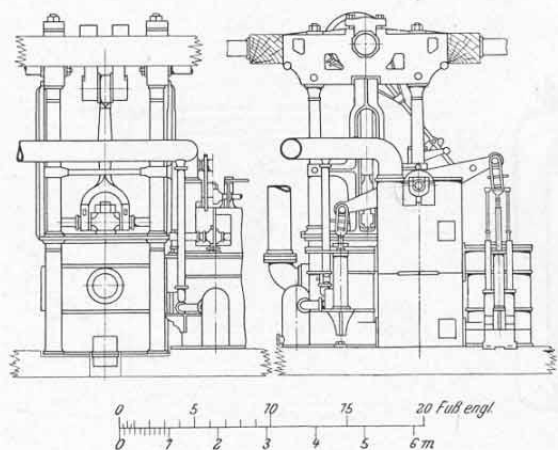


Fig. 542 und 543. Direktwirkende Maschine.

(Nach Bourne, Steam Engine, London 1853.)

(19,46 km stündlich), durchschnittlich wurden unter normalen Verhältnissen 9 Knoten (16,68 km stündlich) zurückgelegt.

Eine andere Anordnung dieser Maschinenbauart zeigt die Betriebsmaschine des „Centaur“, von Boulton und Watt in Soho geliefert, Fig. 542 u. 543. Hier stehen die Kondensatoren zwischen den Zylindern, neben diesen die Luftpumpe; sie werden durch einen Hebel, der auf dem Kondensator gelagert ist, angetrieben. Die Geradföhrung geschieht hier bereits durch Kreuzkopf und Gleitschienen, die vom Zylinder zur Lagerplatte gehen und seitlich noch gegen die Tragsäulen abgesteift sind. Bei $85\frac{1}{2}$ Zoll (2172 mm) Zylinderdurchmesser und 6 Fuß (1,83 m) Hub leistete die Maschine nominell 565 PS.

Auch von R. Napier, Miller, Scott und Sinclair wurden diese direktwirkenden Maschinen mit Gleitbahnen in der einen oder anderen Form ausgeführt. Vor allem aber gewann diese Bauart in Frankreich sich viele Freunde, da sie dem Bestreben der französischen Konstrukteure, möglichst an Gewicht zu sparen, sehr entgegenkam. Es spielte das besonders

konnte. Den Kohlenverbrauch rechnete man zu 7 Pfd. (3,18 kg) für die PS-st. Das Schiff hatte einen Kohlenfassungsraum von 320 Tonnen. Die ganze Maschinenanlage einschließlich des Dampfkessels hatte 22 000 £ gekostet. Genaue Versuche, die während des Betriebes angestellt wurden, um die reinen Betriebskosten, also die Ausgaben für Brennstoff und Schmierung, festzustellen, ergaben, für eine zurückgelegte Meile 3 s. 10 d. Die höchste erreichte Geschwindigkeit betrug 10,5 Knoten

eine große Rolle bei den flachgehenden Schiffen der kleineren Flüsse. Besonders für Flußschiffe wurde daher diese Bauart von Gâche ainé in Nantes aufgenommen, von wo sie auch in den 40er Jahren von Gâche frères in Paris übernommen wurde, die auch mehrere Schiffe für Deutschland, unter anderen für den Norddeutschen Lloyd in Bremen, mit diesen Maschinen ausgerüstet haben.¹⁾

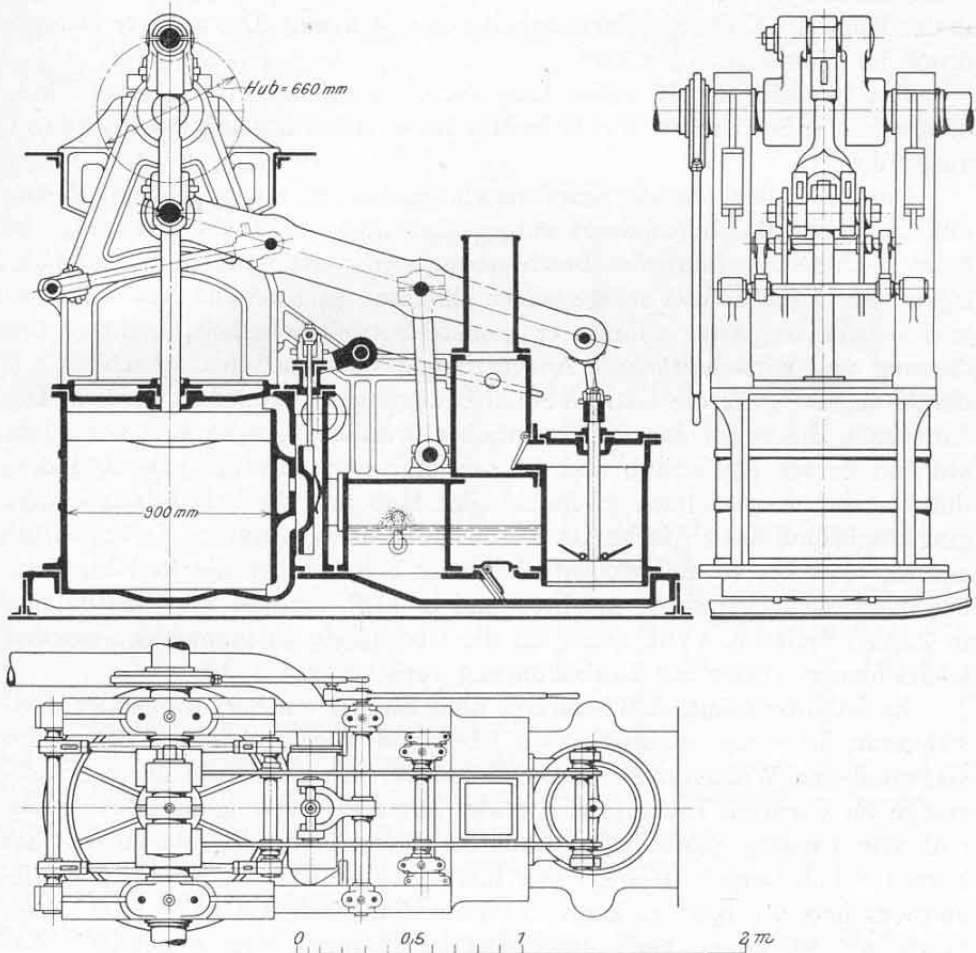


Fig. 544 bis 546. Direktwirkende Maschine von Gâche in Nantes um 1850.

(Nach Armengaud, Publ. ind., Bd. V.)

Als Beispiel für diese französischen Maschinen dienen die Fig. 544 bis 546.²⁾ Die Gesamtanordnung entspricht mehr oder weniger der Gorgon-Maschine. Nur sind statt der schmiedeeisernen Säulen gußeiserne, auf den Zylinder aufgeschraubte Ständer verwendet. Während Gâche bei seinen

¹⁾ s. Busley, Z. d. V. d. Ing. 1891, S. 744.

²⁾ s. Armengaud, Publ. ind., Bd. V, Taf. 27.

ersten Maschinen schon feste Geradföhrungen angewendet hatte, ging er mit Rücksicht auf die große Reibung, die infolge der sehr kurzen Schubstange unvermeidlich war, wieder auf Lenkerföhrung zurück. Das Streben nach größter Einfachheit zeigt sich auch darin, daß man einen einfachen, nicht entlasteten Muschelschieber anwandte und auf jede Expansionssteuerung verzichtete. Die Umsteuerung geschah mit losem Exzenter. Die Maschine von 900 mm Zylinderdurchmesser und 660 mm Hub, lief mit 34 Umdrehungen in der Minute. (Kolbengeschwindigkeit von 0,75 m/sk.) Der mittlere Dampfdruck im Kessel betrug 1,5 at.

Das Gewicht der Maschine kam auf etwa 450 kg für 1 PS bei Flußdampf; für Seedampfer wurde die Maschine verhältnismäßig noch schwerer ausgeföhrt.

Das Mißtrauen, das die Schiffsmaschinenerbauer, nur zu sehr mit Recht, anfangs dieser Maschinenbauart entgegenbrachten, suchte Seaward 1840 in einer besonders ausführlichen Beschreibung seiner ersten Maschine zu widerlegen. Er wollte sechs Vorzüge seiner Maschine nachweisen. Neben Raum- und Gewichtersparnis rühmte er größere Betriebssicherheit, leichtere Bedienung und wirtschaftlichere Ausnutzung des Brennstoffes. Auch sollten durch sie fast ganz die lästigen Schiffsbewegungen vermieden werden. Die Einwände, die gegen das System erhoben wurden, bezogen sich vor allem auf den kurzen Kolbenhub und die sehr kurze Schubstange. Der Zylinderdurchmesser war vielfach größer als der Hub und die Schubstangenlänge ging oft bis auf das $2\frac{1}{2}$ -fache des Kurbelhalbmessers herunter. Es war naturgemäß, daß bei so außerordentlich kurzer Schubstange die Reibung ganz besonders sich bemerkbar machte, und es hieß nur, sie von Gleitbahnen in Zapfen verlegen, wenn man, um die Übelstände zu vermeiden, von den Gleitschienen wieder zur Lenkerföhrung zurückging.

Es ist interessant, daß Seaward, ohne Zweifel ein hervorragender Konstrukteur, so wenig anfangs diesen Übelstand zugeben wollte, daß er im Gegenteil den Widerstand anderer Konstrukteure gegen die kurze Schubstange als Vorurteil bekämpfte. Er wies in seiner Verteidigungsschrift nach, daß man früher geglaubt habe, durch besondere Anordnung von langen oder kurzen Schubstangen, Hebeln und Kurbeln eine Kraft oder einen Kraftzuwachs hervorbringen zu können. Wenn dies aber, wie jeder jetzt wisse, falsch sei, so könne auch umgekehrt nicht durch eine maschinelle Anordnung Kraft vernichtet oder Kraft vermindert werden; was nach der einen Richtung hin wahr sei, müsse auch nach der anderen hin gelten. Dieser Beweis vermochte aber ebensowenig wie die „rechnerisch“ festgestellte Geringfügigkeit der verursachten Reibungswiderstände die wirklich bestehenden Übelstände aus der Welt zu schaffen.

Um eine möglichst lange Schubstange zu bekommen, nahm man sehr kurzhubige Zylinder und legte die Radwelle ziemlich hoch. Die daraus sich ergebenden großen Räder hatten wieder andere Übelstände zur Folge. Bei den kurzhubigen Zylindern wurde die Kolbenreibung sehr stark ver-

größert, auch der schädliche Raum wurde größer. Wollte man auch nur eine sehr mäßige Kolbengeschwindigkeit erreichen, so mußte man die Umdrehungszahl gegenüber den alten Seitenhebelmaschinen schon wesentlich erhöhen.

Auch das Streben, die Maschine noch weiter zu vereinfachen, führte zu erheblichen Rückschritten. Die Steuerung wurde dadurch, daß man auf jede Expansion verzichtete, einfacher, aber die Handhabung beim Umsteuern wurde so schwierig, besonders wenn man, wie es vielfach geschah, nicht entlastete Muschelschieber anwandte, daß oft zwei Männer an den langen Handhebeln arbeiten mußten, um die Gangart der Maschine zu verändern. Auch auf die Entkuppelungsvorrichtung der beiden Schaufelräder verzichtete man vielfach, so daß auch hierdurch die Manövrierfähigkeit sehr beeinträchtigt wurde. So blieb von allen Vorzügen der direktwirkenden Maschine nur ihr kleinerer Raumbedarf, sie brauchte etwa nur die halbe Länge der Seitenhebelmaschine, übrig, und ihre billigen Anschaffungskosten. Aber es zeigte sich bald, daß trotzdem ihre anderen Übelstände sie nicht zu einer „billigen“ Maschine machten. Deshalb mußte sie nach kaum einem Jahrzehnt anderen Bauarten das Feld räumen.

c) Andere Anordnungen der direktwirkenden Maschine.

Diese neuen Bauarten gehen alle darauf hinaus, die kurze Schubstange nach Möglichkeit zu vermeiden. Am einfachsten erreichten dies Anfang der 40er Jahre W. Joyce & Co. in Greenwich, die den von zwei Kolbenstangen getragenen Kreuzkopf eine T-förmige Gestalt gaben, wodurch die Schubstange die sie an der tiefsten Stelle angreifen ließen, entsprechend länger ausfiel.¹⁾ Diesem nach unten gerichteten Ansatz des Kreuzkopfes entsprach eine Vertiefung im Zylinderdeckel. Von dem verlängerten Querhaupt aus wurde unmittelbar die Pumpe angetrieben.

Den gleichen Grundgedanken zeigen die von der Maschinenwerkstatt in Motala in Schweden nach dem Patent ihres Direktors Carlsund in den 50er Jahren vielfach ausgeführten Raddampfermaschinen.²⁾

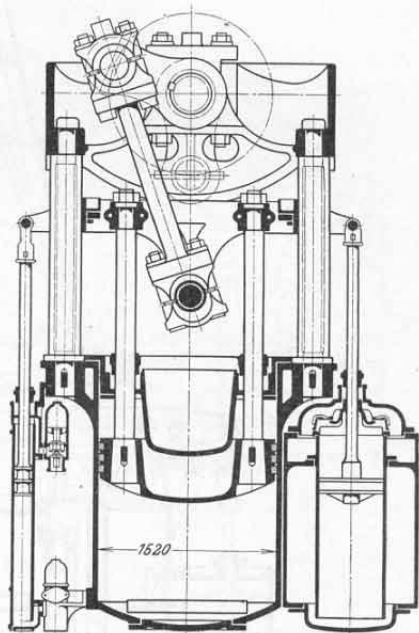


Fig. 547. Direktwirkende Maschine von Carlsund in Schweden 1856.

¹⁾ s. Engineer, 1897, Bd. II, S. 524, ausgeführt für die „City of Paris“.

²⁾ s. Busley, Z. d. V. d. Ing. 1891, S. 746, Tafel 20.

Die 1856 bis 1857 erbauten Maschinen, Fig. 547, zeigen auch den englischen Maschinen gegenüber wesentliche Fortschritte. Allerdings ist auch bei ihnen die Schubstangenlänge nur dreimal so groß wie die des Kurbelhalbmessers. Die Steuerung wird hier durch eine Stephenson'sche Kulisse, verbunden mit einer Meyerschen Expansionssteuerung, erreicht. Der Durchmesser des Zylinders beträgt 1520 mm bei 1,42 m Hub. Bei 20 Umdrehungen in der Minute und 2 kg/qcm Kesseldruck leistete sie etwa 700 PS_i und der mittlere stündliche Kohlenverbrauch stellte sich auf 2 bis 2,5 kg für 1 PS_i-st.

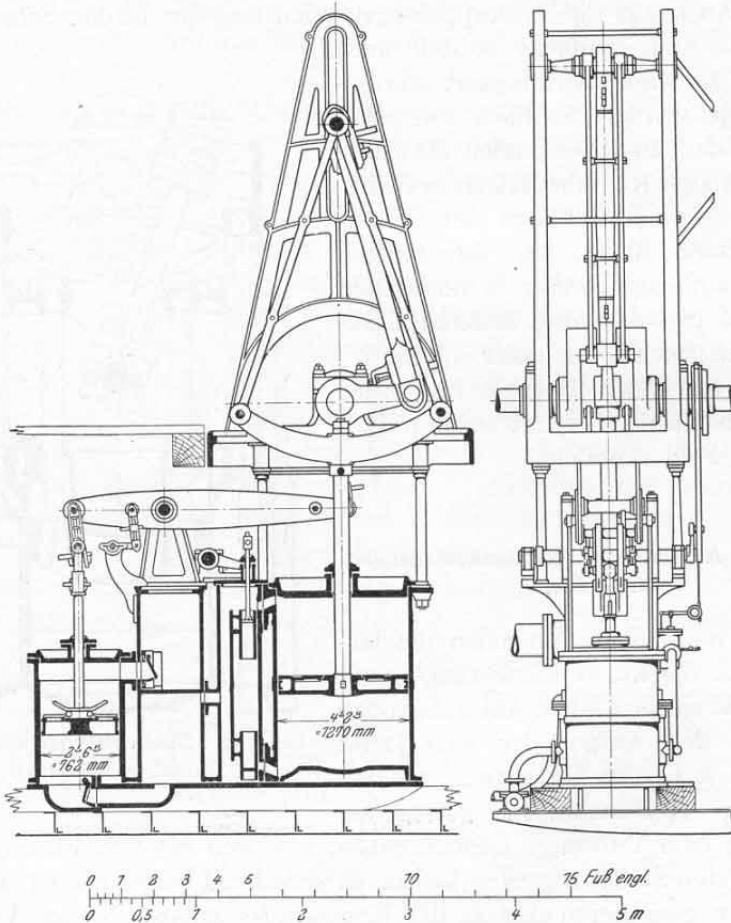


Fig. 548 und 549. Turmmaschine in England um 1840.

(Nach Tredgold, Steam Engine, London 1838, App. A.)

Bemerkenswert sind ferner die Turmmaschinen, die auf die von Fulton 1816 ausgeführten Bauarten der amerikanischen Ruderradschiffe zurückgehen.

Diese Bauart, in Europa zuerst von David Napier eingeführt, findet sich bei Flußdampfern der damaligen Zeit. Bei Seedampfern wurde es als

Übelstand empfunden, daß ein ganzer Teil der Maschine über Deck herausragte; für Kriegsschiffe kam sie aus dem gleichen Grunde, besonders auch wegen der Gefahr, durch feindlich Geschosse leicht beschädigt zu werden, gar nicht in Gebrauch.

Die Fig. 548 u. 549 zeigen die für das Schiff „Rainbow“ von Forrester in Liverpool erbaute Turmmaschine. Die Maschine hatte bei 1270 mm Durchmesser einen Hub von 4 Fuß 6 Zoll (1,37 m). Der Kreuzkopf liegt hier über der Kurbel; zwei Kolbenstangen umfassen die Kurbelwelle. Der Kreuzkopf wird in einem turmartigen Gestell geführt. Bei dieser Maschine mit rückkehrender Schubstange ist es also möglich, die Länge der Schubstange wesentlich größer zu nehmen.

Maudslay schuf 1841 mit seiner Zweizylindermaschine eine besondere Bauart der direktwirkenden Maschine. Ihre Gesamtanordnung zeigt Fig. 550.

Zwei gleichgroße Zylinder stehen nebeneinander, das T-förmige, die beiden Kolbenstangen verbindende Querhaupt wird mit seinen unteren langen Enden zwischen Gleitplatten, die zwischen den Zylindern befestigt sind, geradegeführt; hier greift die Schubstange an.

Nach dem eigenartig aus zwei Blechen gebildeten T-förmigen Kreuzkopf nannte man die Maschine auch T-Plattenmaschine. Für sehr große Ausführungen bot diese Bauart auch den Vorteil, statt eines übermäßig großen Zylinders, zwei kleinere Zylinder zu verwenden. Der Gorgon-Maschine gegenüber gestattete sie längeren Hub und größere Schubstangenlänge.

Die Fig. 551 u. 552 zeigen die Maschinenanlage des englischen Kriegsschiffes „Terrible“ aus dem Jahre 1843.¹⁾ Die Maschinen waren für die damalige Zeit außerordentlich stark; sie leisteten fast 2000 PS. Die Zylinder hatten 72 Zoll (1829 mm) Durchmesser, der Hub betrug 8 Fuß (2,44 m). Die Dampfverteilung geschah für je zwei Zylinder durch einen seitlich zwischen den Zylindern liegenden Kolbenschieber. Der Form nach einer Baumwollspindel ähnlich, nannte man ihn anfangs auch Spindelschieber.

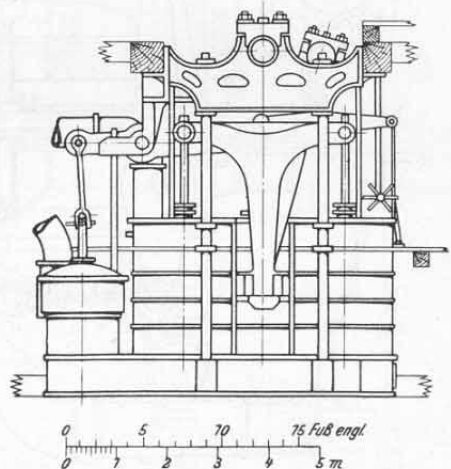


Fig. 550. Maudslays T-Plattenmaschine.
(Nach Bourne 1853.)

¹⁾ s. Shipbuilding and marine engineering of the Thames in the Victoria era Engineer 1897, II and 1898, I., geschichtlich höchst bemerkenswerte Aufsätze, denen wertvolle Angaben entnommen werden konnten. Die Maudslay-Maschine ist Eng. 1897, II, S. 447 behandelt.

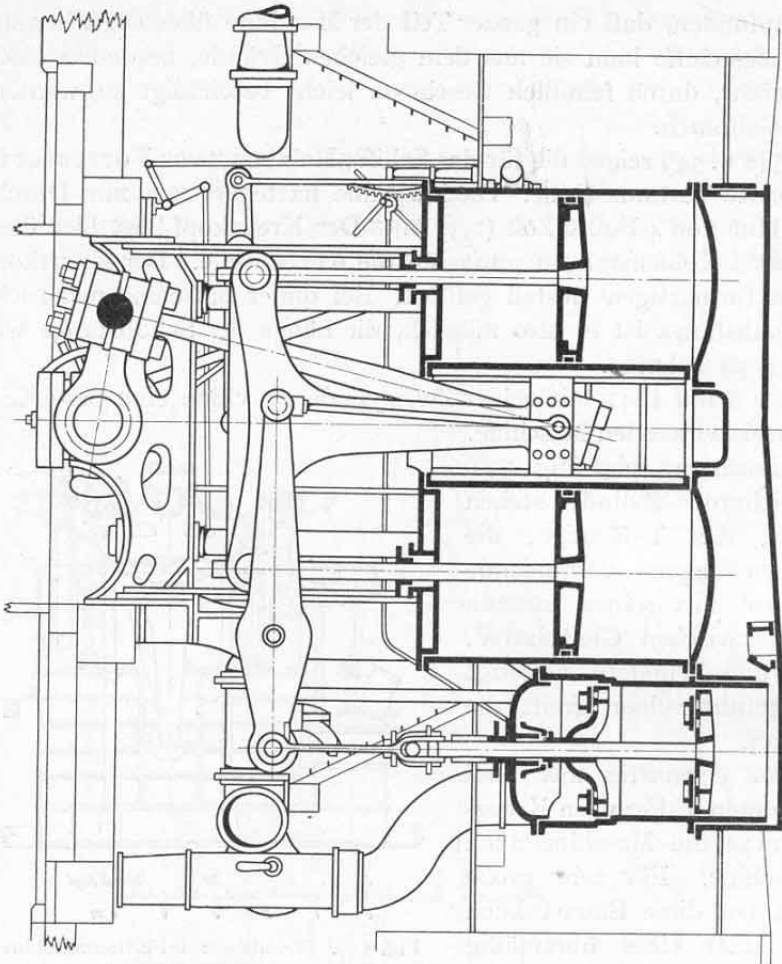
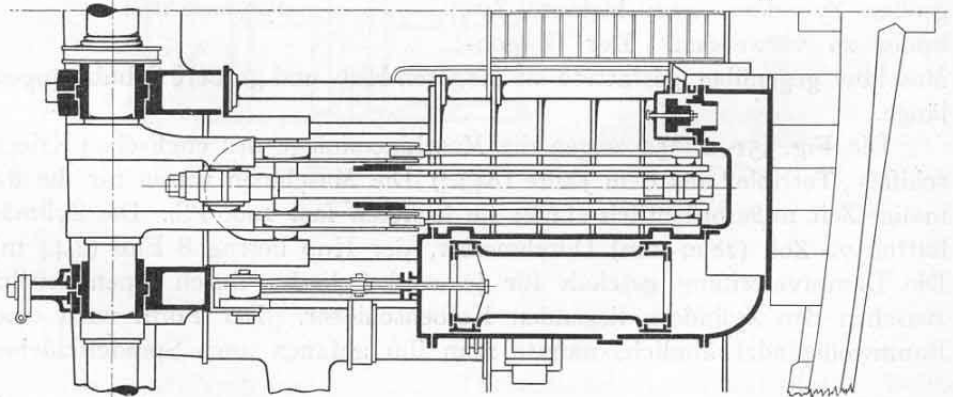


Fig. 551 und 552. Maschine des englischen Kriegsschiffes „Terrible“ von Maudslay 1843.

(Nach Engineer 1897, Bd. II.)



Maudslays Anordnung fand großen Beifall; 10 Jahre nach der ersten Ausführung waren etwa 55 Maschinensätze mit im ganzen etwa 48000 PS auf Kriegs- und Handelsschiffen in Betrieb.

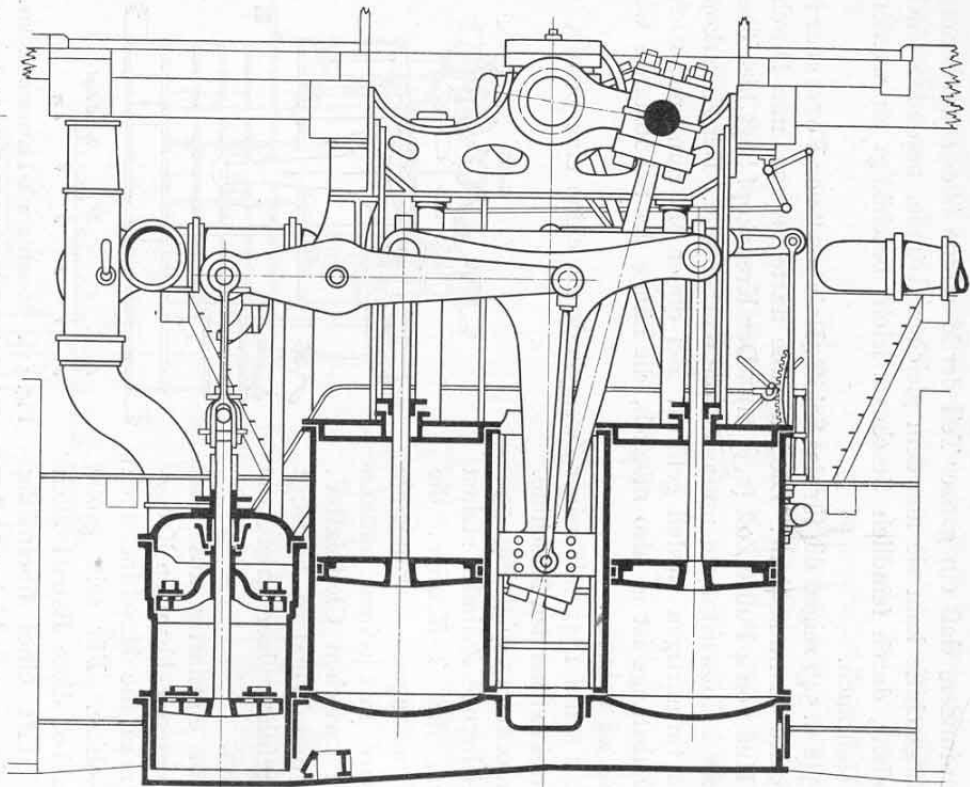
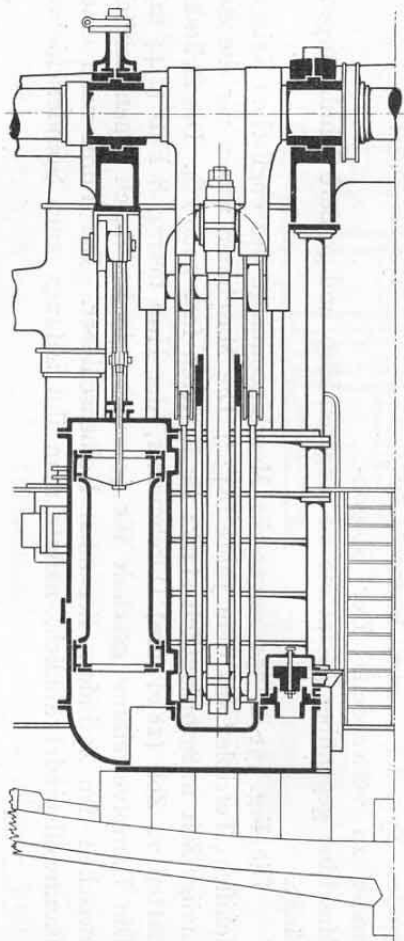


Fig. 551 und 552. Maschine des englischen Kriegsschiffes „Terrible“ von Maudslay 1843.
(Nach Engineer 1897, Bd. II.)



Für kleinere Konstruktionen wurde die Bauart zu schwer; um diesen Übelstand zu beseitigen, führte Maudslay in den 40er Jahren die Kreuzkopfführung zylinderisch aus und ordnete konzentrisch um diesen Geradföhrungszyylinder den

Dampfzylinder an. Diese Bauart, nach ihrem ringförmigen Kolben auch „Ringmaschine“ genannt, besaß also für jede Kurbel nur einen Zylinder. Obwohl mit dieser Bauart sich sowohl Raum als Gewicht sparen ließ, so brachte doch die doppelte Kolbenliderung große Übelstände mit sich und verhinderte ihre weitere Verbreitung.

Statt die Geradföhrung, wie Maudslay es tat, zwischen zwei Zylinder zu legen, konnte man auch zwei Gleitbahnen, je eine an einer Zylinderseite, anordnen. Man kam so zu der Maschine mit zwei Kreuzköpfen, wie sie von Fawcett und Bury eine Zeitlang ausgeföhrt wurde.

Die Kolbenstange trägt hier ein Querhaupt, von dem aus zwei oder auch vier Stangen seitlich am Zylinder herab zur Gleitbahn föhren. Zwei Schubstangen, die sich kurz vor der Kurbel unter Zwischenschalten eines Querhauptes zu einer vereinigen, übertragen die Kraft auf die Kurbelwelle. Die Fig. 553 und 554 zeigen die Anordnung von Fawcett, bei der Luftpumpe und Kondensator zwischen den beiden Maschinen angeordnet sind. Das Querhaupt hat kreuzförmige Gestalt; von den vier Enden gehen vier Stangen zu den senkrechten Gleitbahnen an jeder Zylinderseite. Der einfachen Anordnung von Bury, Fig. 555, mit einem einfachen Querhaupt und zwei Führungsstangen wurde später allgemein der Vorzug gegeben.

Auch die Trunkmaschine, die später bei den liegenden Schraubenschiffs-

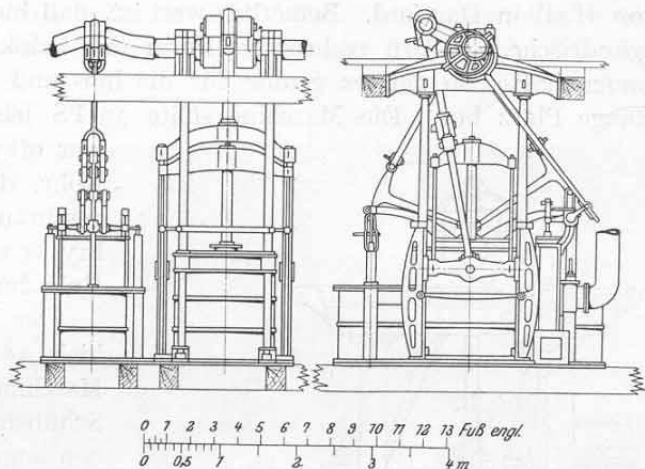


Fig. 553 und 554. Direktwirkende Maschine von Fawcett.
(Nach Bourne, Steam Engine, London 1853.)

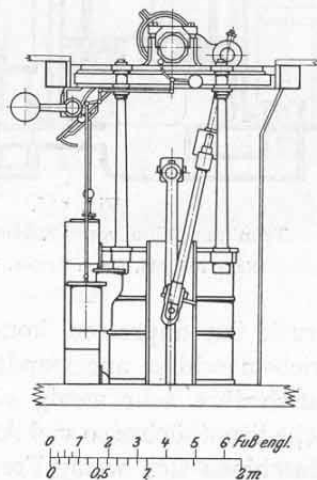


Fig. 555. Direktwirkende Maschine von Bury.
(Nach Bourne, Steam Engine, London 1853.)

maschinen so große Bedeutung gewinnen sollte, findet sich in ihrer ersten Ausführung auch bei den Ruderradschiffen.

Die Anordnung, die in Fig. 556 dargestellt ist, wurde Francis Humphrys 1835 (Nr. 6801) gesetzlich geschützt. Ausgeführt wurde sie von Hall in Dartford. Bemerkenswert ist, daß hier der Trunk noch keine zylindrische, sondern rechteckige Form mit halbkreisförmig abgerundeten Enden hatte, so daß er gerade für die hin- und herschwingende Kolbenstange Platz bot. Die Maschine sollte 50 PS leisten. Der Trunk selbst

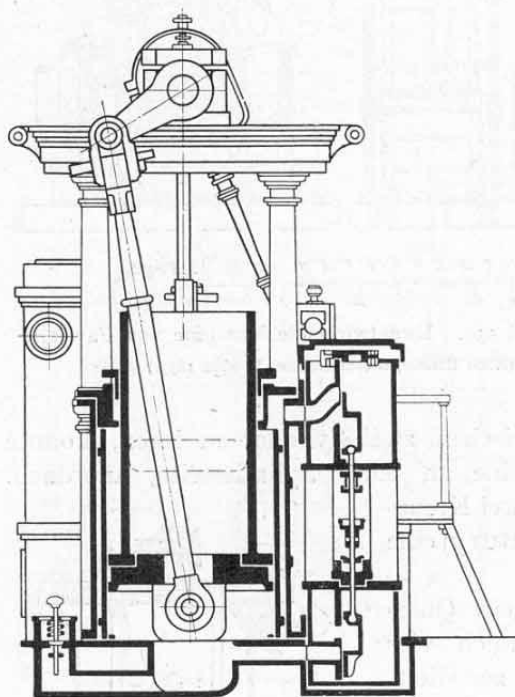


Fig. 556.

Trunkmaschine von Fr. Humphrys 1835.

(Nach Tredgold, Steam Engine, London 1838.)

war oft nur ein kupfernes flaches Rohr, das auf den Kolben aufgeschraubt wurde. Erst Maudslay ersetzte dieses abgeplattete Rohr durch zylindrische Führung.

Der Franzose Legendre erhielt 1842 ein Patent auf eine Maschine, bei der auch die Schubstange unmittelbar am Kolben angriff, wobei aber nicht ein Rohr, sondern eine im Zylinderdeckel verschiebbare Stopfbüchse die Schwingung der Schubstange ermöglichte. Die Stopfbüchse selbst war kugelartig gelagert (s. S. 404, Fig. 169). Auch amerikanische und englische Konstrukteure führten nach diesem Prinzipie sogar Schiffsmaschinen bis zu 200 PS aus. Um auch bei höherem Druck am Zylinderdeckel Dichtung zu erhalten, legte Legendre den verschiebbaren Stopfbüchsenteil unter den festen Zylinderdeckel, so daß der Dampfdruck ihn anpressen konnte. Die Maschine, die auch als normale Betriebsmaschine angewandt wurde, war zwar leicht und billig, gab aber durch ihre sehr wenig einwandfreie Deckelkonstruktion und die bewegliche Stopfbüchse so viel Anlaß zu Betriebsstörungen, daß sie auch bei kleinen Maschinen sich wenig Freunde erwerben konnte.

Die vorher besprochene Trunk-Maschine hat aus dem gleichen Grunde, wegen schwieriger Abdichtung im Zylinderdeckel, nur wenige Ausführungen erlebt.

d) Die oszillierende Maschine.

Zu ganz besonderem Ansehen hat es trotz anfänglichem Widerstrebens der Konstrukteure die oszillierende Maschine gebracht.

Schon 1822 hatte Aaron Manby einen kleinen eisernen Dampfer, der von London nach Paris fuhr, mit 80pferdigen oszillierenden Maschinen ausgerüstet. Das war zugleich das erste eiserne Seeschiff.

In Frankreich begann von 1823 ab Cavé seine oszillierenden Maschinen für Flußdampfer anzuwenden. Es waren Hochdruckmaschinen ohne Kondensation; sie arbeiteten mit etwa 5 at Kesseldruck. Die beiden Zylinder waren zu beiden Seiten der Kurbelwelle angeordnet und bildeten in ihrer

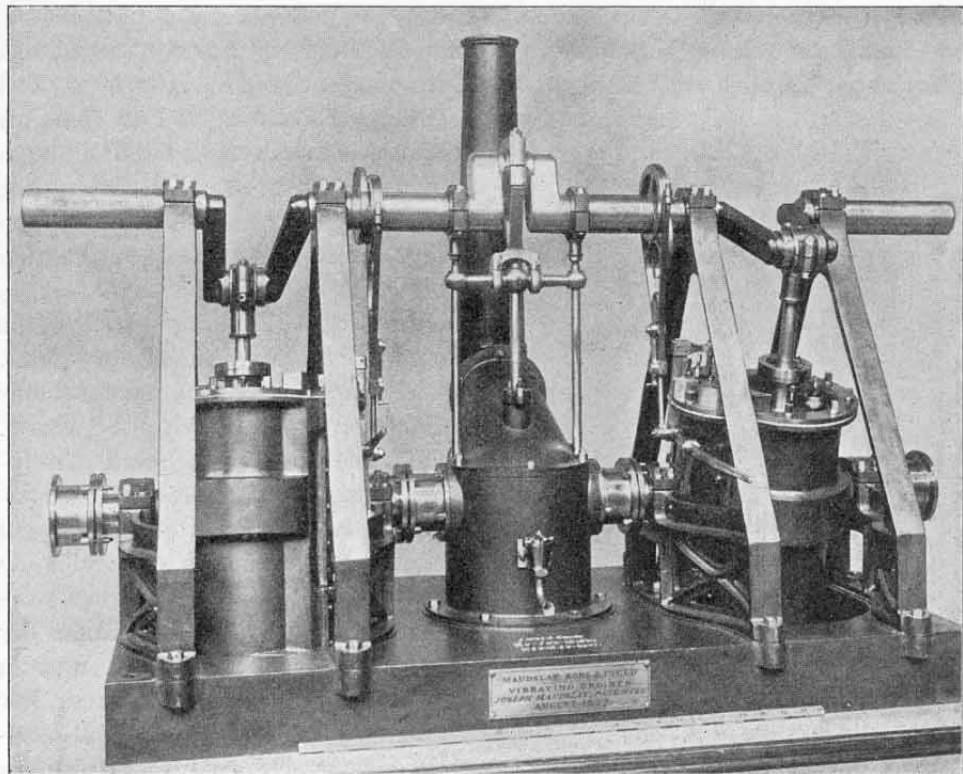


Fig. 557. Oszillierende Maschine von Maudslay 1827.

(Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

Mittellage Winkel von 90° zueinander. Auf den Zylindern waren noch besondere Führungsschienen, genau wie bei der Betriebsmaschine Cavés (Fig. 163, S. 401) aufgeschraubt. Die Dampfverteilung geschah durch zwei an den beiden Zylindern angebrachte Hähne.¹⁾

In England ließ sich am 1. August 1827 Maudslay die Anwendung der oszillierenden Maschine als Schiffsmaschine gesetzlich schützen (Patent

¹⁾ Im Bull. d'Encour., Bd. 34, Jahr 1835, ist auf drei Tafeln ausführlich eine 20pferdige Cavésche Maschine (280 Bohrung, 980 Hub) dargestellt und besprochen.

Nr. 5531). Die Originalmaschine, wie sie heute im Kensington-Museum zu sehen ist, zeigt Fig. 557.

Die Kolbenstange greift unmittelbar an der Kurbel an, Fig. 558. Zur Dampfverteilung dient ein D-Schieber, der an der Zapfenseite der oszillierenden Maschine angebracht ist und von einem Exzenter bewegt wird. Der Angriffspunkt der Exzenterstange, die mit der eigentlichen Schieberstange fest verbunden ist, wird durch außen am Schieberkasten angebrachte Gleitbahnen geradegeführt. Die Umsteuerung geschieht durch lose Exzenter in der vorher mehrfach erwähnten Weise.

Ein Paar solcher Maschinen wurden von Maudslay zuerst 1828 in das Dampfboot „Endeavour“ eingebaut. Sie leisteten 20 PS, hatten 20 Zoll (508 mm) Bohrung, 2 Fuß (0,61 m) Hub und machten 32 Umdrehungen in der Minute; sie arbeiteten mit 3,5 Pfd./Qu.-Zoll (0,25 kg/qcm) Überdruck. Ein Jahrzehnt später wurden bei sechs eisernen für den Ganges bestimmten Flußdampfern ebenfalls oszillierende Maschinen verwendet.

Anfangs aber wollte man nicht viel von den Maschinen wissen. Fast alle namhaften Schiffsmaschinenkonstruktoren sprachen sich dagegen aus. Sie prophezeiten ein elliptisches Auslaufen des Zylinders und der Stopfbüchse. Ferner würden die Drehzapfen als Teile der Dampfleitung heiß werden und zu Betriebsschwierigkeiten führen. Vor allem auch glaubte man, daß oszillierende Maschinen auf Seedampfern wegen der häufigen und starken Bewegungen der Schiffes nicht anwend-

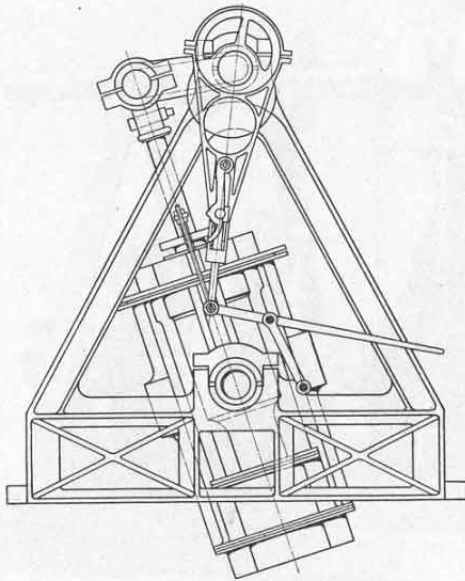


Fig. 558.

Oszillierende Maschine von Maudslay 1827.

(Nach Engineer 1897, Bd. II.)

bar seien; man überlegte nicht, daß die Schwingungen des Zylinders nichts mit den Schwingungen des Schiffes zu tun haben, sondern ausschließlich von der Kolbenbewegung abhängig sind. Insofern war es gleichgültig, ob der Zylinder oder andere Teile der Maschine, wie die großen Seitenhebel oder Balanciers, sich bewegten. Es bedurfte erst des großen konstruktiven Geschicks John Penns und des hohen Ansehens, das seine Konstruktionen genossen, um die oszillierende Maschine in größerem Umfange einzuführen.

Die hauptsächlichsten Verbesserungen Penns finden sich bereits bei seinen ersten oszillierenden Maschinen Ende der 30er Jahre. Größere Anwendung fanden sie erst im Anfange der 40er Jahre, seitdem die englische

Kriegsmarine die oszillierende Maschine auf der Fregatte „Black-Eagle“ erfolgreich verwendet hatte¹⁾, Fig. 559 u. 560.

Es waren dies die ersten großen oszillierenden Maschinen eines Seedampfers; sie galten als Muster der Werkstattausführung und befriedigten die Marine vollkommen. Die Maschinen standen nebeneinander unter der Kurbelwelle; zwischen ihnen waren zwei Luftpumpen unter einem Winkel schräg gegeneinander versetzt angeordnet.

Die wesentlichste Verbesserung, die die oszillierende Maschine Penn zu verdanken hatte, lag in der Steuerung. Der Schieberkasten wurde, statt zwischen Zapfen und Zylinder, auf dem Rücken oder den Seiten des Zylinders angeordnet, so daß die Tragzapfen des Zylinders näher aneinander rückten und die ganze Anlage dadurch standfester wurde.

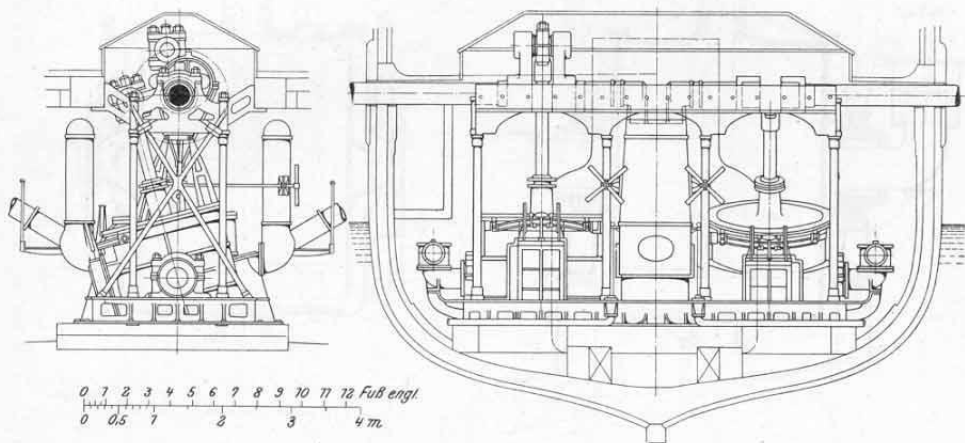


Fig. 559 und 560. Oszillierende Maschine von Penn Anfang der 40er Jahre.

(Nach Bourne, Steam Engine, London 1853.)

Statt eines Schieberkastens auf dem Rücken wurden später bei größeren Maschinen auch zwei Schieber auf beiden Seiten des Zylinders in der Nähe der Zapfen angeordnet.

Ebenso grundlegend war die Verbesserung des Schieberantriebes. Bisher hatte man die durch die schwingende Bewegung des Zylinders hervorgerufene Verschiebung zwischen Schieber und Schieberspiegel zur Schieberbewegung mit benutzt; eine günstige Dampfverteilung ließ sich hierbei nicht erreichen, Penn fügte deshalb die nach ihm benannte Pennsche Kulisse ein. Da der Krümmungsmittelpunkt des Schleifbogens in der Drehachse des Zylinders lag, so hob der Übertragungshebel, dessen eines Ende mit der Schieberstange, dessen anderes in der Kulisse sich verschieben konnte, die

¹⁾ s. Bourne, S. 181. Die ersten Pennschen Maschinen hatten einen Zylinderdurchmesser von 24 Zoll (610 mm) und einen Hub von 27 Zoll (0,69 m); die Luftpumpe hatte 18½ Zoll (470 mm) Bohrung und 15 Zoll (0,38 m) Hub.

durch die Zylinderschwingung sonst erfolgende Schieberbewegung auf. Wurde nun von der Hebelwelle aus durch Exzenter die am Gestell seitlich geführte

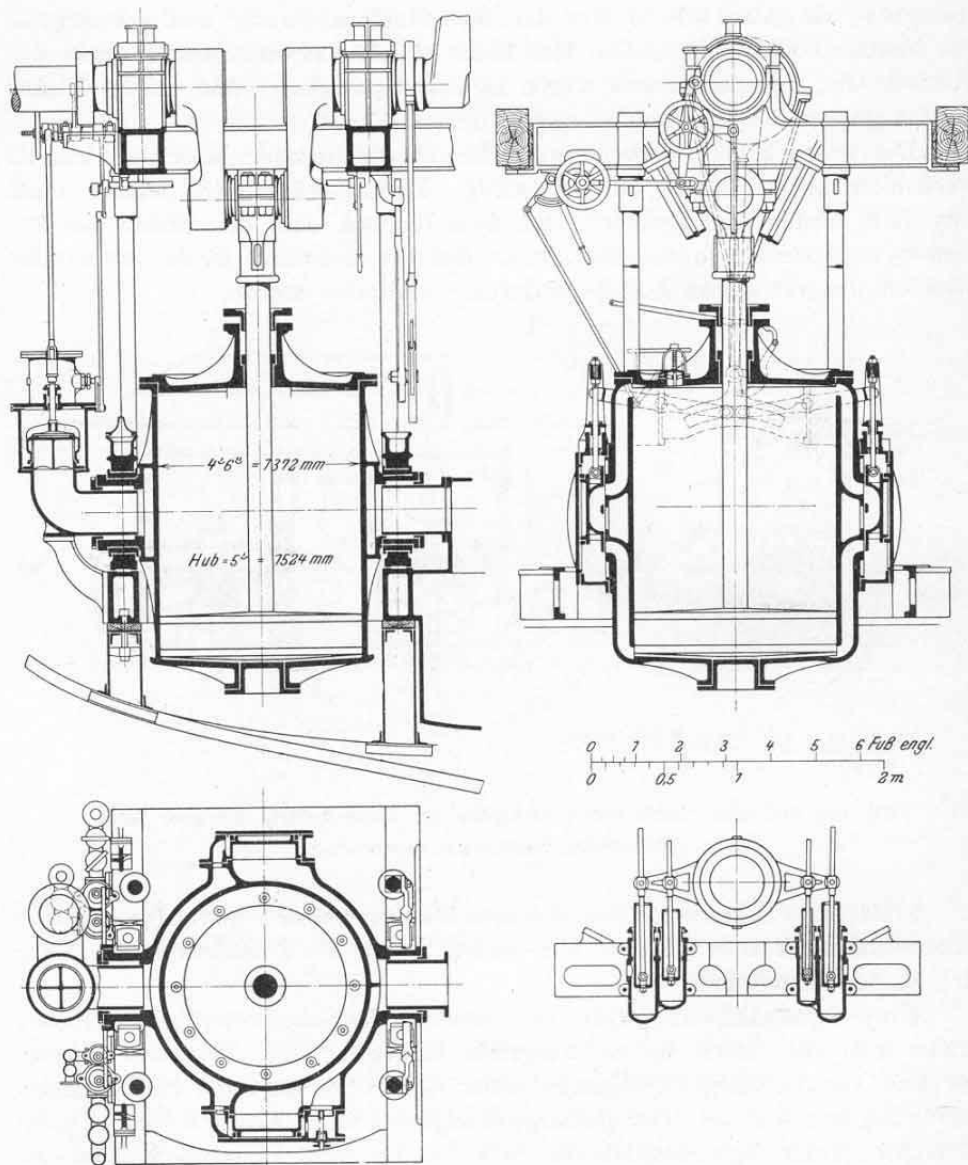


Fig. 561 bis 564. Oszillierende Schiffsmaschine von Escher Wyss in Zürich 1846.

(Nach Originalzeichnung.)

Kulisse gehoben und gesenkt, so ließ sich die Dampfverteilung wie bei den Maschinen mit festen Zylindern erreichen. Die Umsteuerung geschah nach Ausklinken der Steuerung von Hand.

Die Gestelle hatten anfangs noch seitlich schwere gußeiserne Rahmen, die bald aber durch schmiedeeiserne Säulen ersetzt wurden, die zusammen mit entsprechend angeordneten Schrägstreben die Grundplatte mit der oberen Kurbellagerplatte verbanden.

Der Gesamtanordnung nach wurde die senkrechte Stellung des Zylinders unter der Kurbelwelle allgemein bevorzugt. Nur wo die Höhe nicht ausreichte, ging man zu schrägliegenden Anordnungen über, wobei die auf die beiden Wellenseiten verteilten Zylinder gewöhnlich unter 90° angeordnet waren und auf eine Kurbel arbeiteten. In besonderen Fällen bei kleineren Maschinen kommen auch oszillierende Maschinen mit wagerechter Mittellage des Zylinders vor.

Liegen die Zylinder nebeneinander, so tritt der Dampf durch die äußeren nach den Schiffswänden zu gelegenen Schwingzapfen ein; durch die inneren gelangt er in die zwischen den Zylindern eingebauten Kondensatoren. Die Luftpumpe liegt gewöhnlich in dem Kondensator und wird durch eine besondere Kurbel oder bei den ersten Maschinen auch durch ein großes Exzenter angetrieben.

Langsam laufende Maschinen kamen mit einer Luftpumpe aus, schneller laufende erhielten allgemein zwei Luftpumpen, die geneigt zueinander angeordnet waren. Die Maschinen arbeiteten mit höchstens 2 at Kesseldruck.

Für höhere Dampfspannung erwies sich die Bauart nicht geeignet, da Gewicht und Kosten zu groß wurden. Das so sehr gefürchtete Warmlaufen der Zapfen zeigte sich in der Praxis nicht; auch bei höheren Dampfdrücken waren unüberwindliche Betriebsschwierigkeiten nicht zu beobachten. Mehr Mühe machte es, die Schwingzapfen für den austretenden Dampf so zu dichten, daß nicht durch eintretende Luft die Luftleere im Kondensator verringert wurde.

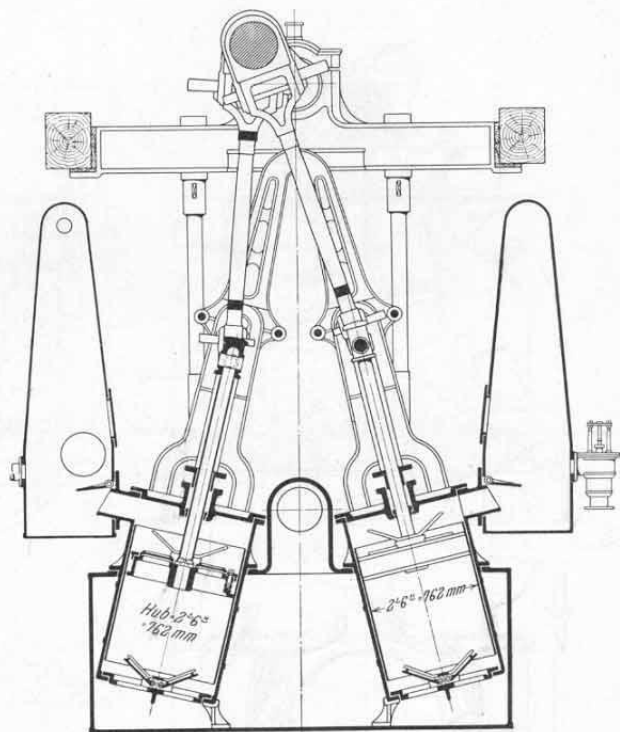


Fig. 565. Kondensator und Luftpumpe zu Fig. 561.
(Nach Originalzeichnung.)

Die Bauart der oszillierenden Maschine, wie sie Escher, Wyss & Co. in Zürich 1846 für das nach Marseille bestimmte Schiff „Languedoc“ ausführte, zeigen die Fig. 561 bis 565.

Die Zylinder sind nebeneinander angeordnet. Zwischen ihnen stehen die beiden gegeneinander geneigten Luftpumpen, die durch besondere Kurbel

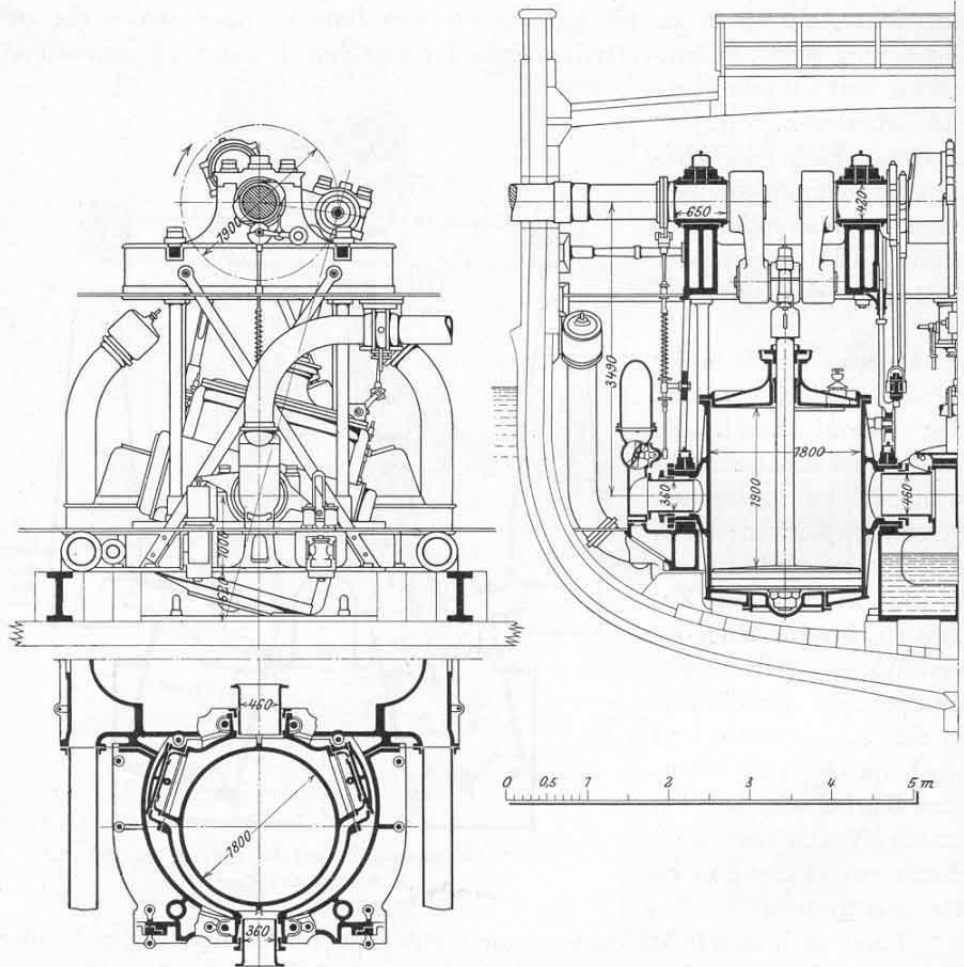


Fig. 566 bis 568. Oszillierende Maschine von Mazeline-Havre in den 50er Jahren.

(Nach Armengaud, *Traité des moteurs à vapeur*, Paris 1855.)

angetrieben werden. Mit der unteren gemeinsamen Grundplatte sind die oberen Lagerplatten durch senkrechte schmiedeeiserne Säulen verbunden. Die Dampfverteilung geschieht durch je zwei auf dem Zylinderrücken angeordnete entlastete Schieber unter Benutzung der Pennschen Kulisze, ausklinkbarer Exzenterstange und losen Exzenters.

Außen neben der Hauptkurbel sitzt eine unrunde Scheibe von der aus unter Zwischenschalten von Hebeln ein doppelsitziges Expansionsventil be-

tätigt wird. Die Expansions-scheibe besteht aus mehreren gegeneinander versetzten unrunder Scheiben. Die Expansion kann dementsprechend durch Verschieben des Anschlaghebels mittels Handrades geändert werden.

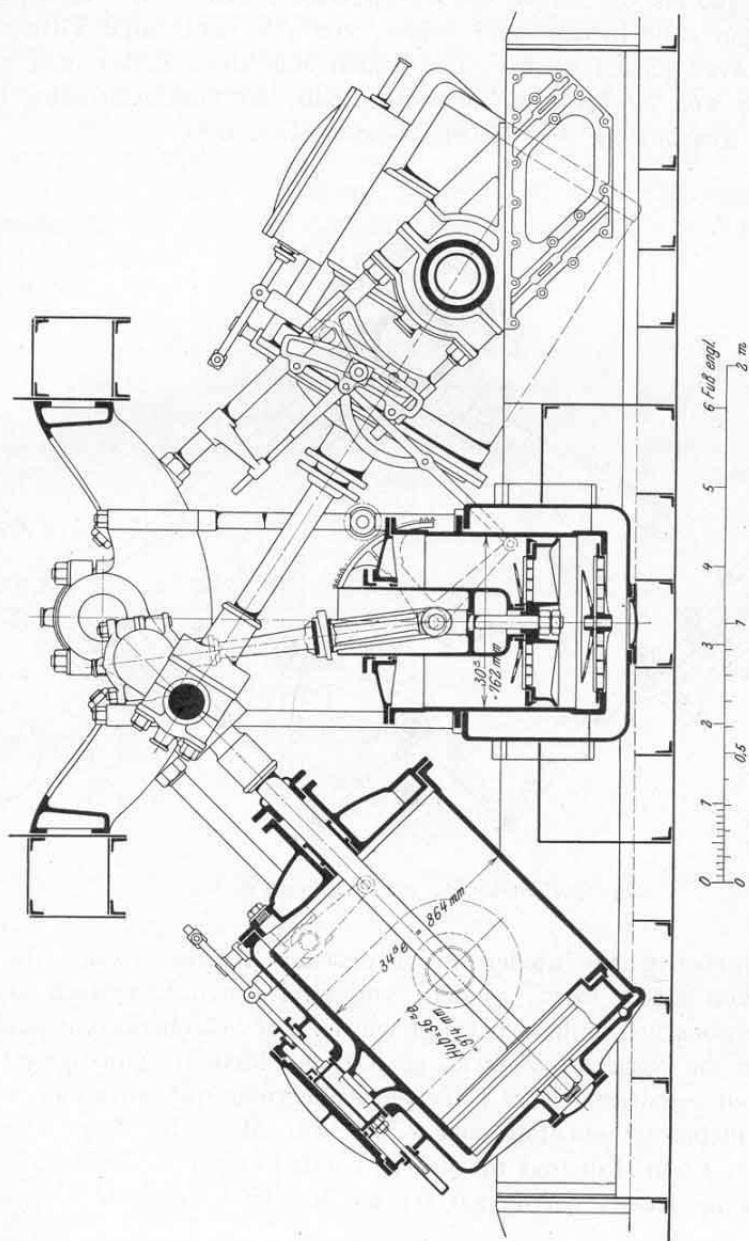


Fig. 569. Oszillierende Maschine eines Schleppdampfers von der Maschinenfabrik Buckau, A.-G., 1855.
(Nach Originalzeichnung.)

Ebenso kann auch die Expansionsvorrichtung mittels eines zweiten linksstehenden Handrades durch Abdrücken des Anschlaghebels ausgeschaltet werden. Daneben ist noch ein Handhebel angebracht, der zur Drosselklappe

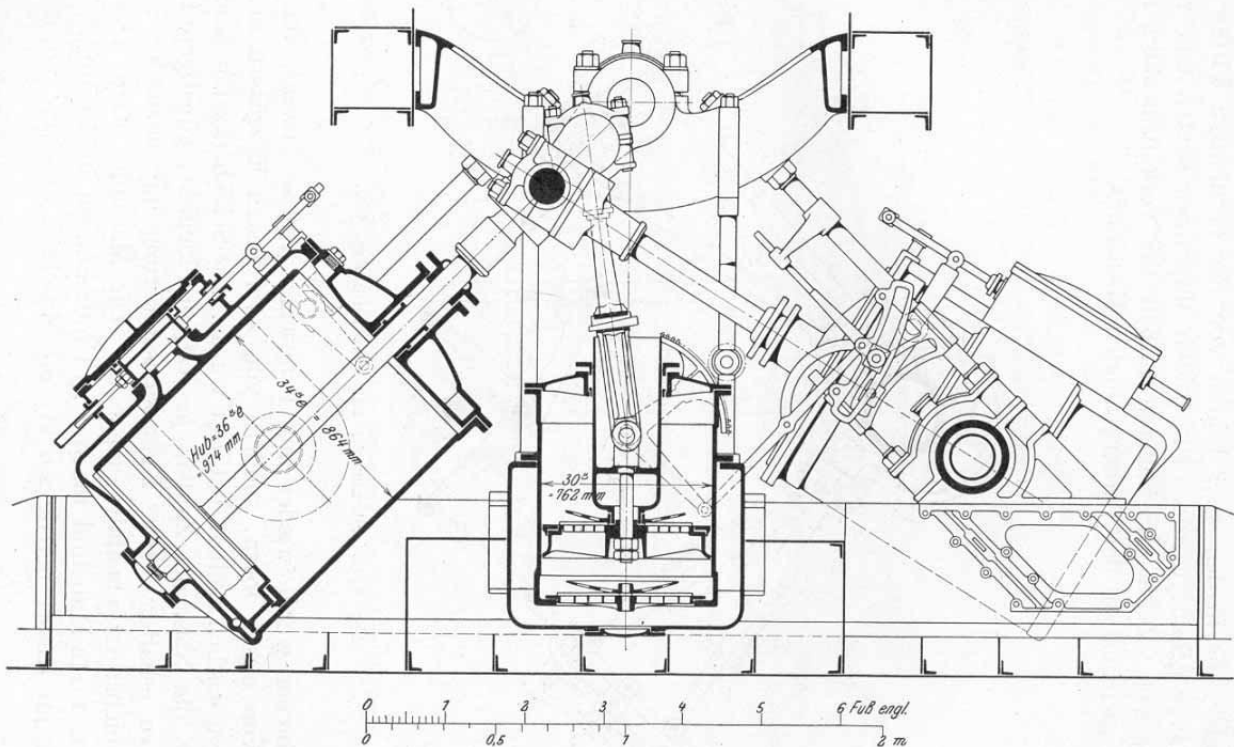


Fig. 569. Oszillierende Maschine eines Schlepddampfers von der Maschinenfabrik Buckau, A.-G., 1855.

(Nach Originalzeichnung.)

führt. Wie der Antrieb der Speise- und Lenzpumpen von einem auf den Zylinderschwingzapfen angebrachten Balancier abgeleitet wird, läßt Fig. 564 erkennen.¹⁾

Die Fig. 566 bis 568 zeigen die oszillierende Maschine der Kaiserlichen Yacht „L'aigle“, die in den 50er Jahren von der berühmten Firma Mazine in Havre gebaut wurde. Die beiden Maschinen hatten eine nominelle Leistung von 500 PS. Im äußeren Aufbau, der verhältnismäßig leicht gehalten ist, gleichen sie der vorhergehenden Maschine.

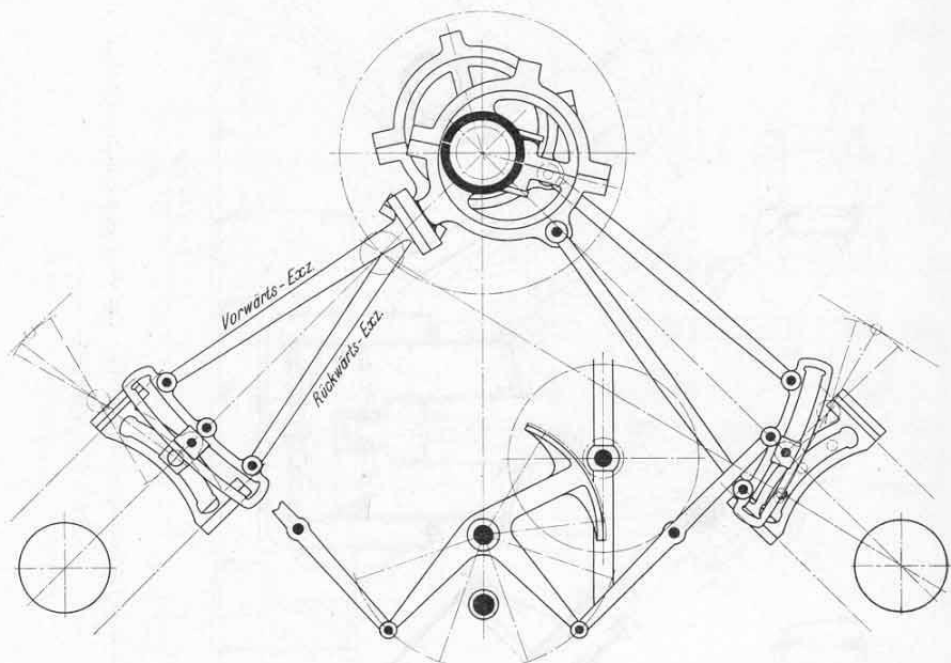


Fig. 570. Steuerung zur Maschine Fig. 569.

Der Schieber wurde wieder mit Pennscher Kulisse bewegt, die aber hier nicht von einem losen, sondern von zwei festen Exzentrern aus mit einer Stephensonschen Kulisse betätigt wurde. Die Schieberkasten sind seitlich mehr in die Nähe des Zapfens gesetzt, um kleinere, günstigere Hebelanordnung zu erhalten. Eine Expansionssteuerung mit unrunder Scheibe und Drehschieber ist ebenfalls eingebaut. Die Maschine hatte 1800 mm Durchmesser, 1,9 m Hub und machte 25 Umdrehungen in der Minute. Der Dampfdruck im Kessel betrug 2,6 at; die Maschine arbeitete normal mit 0,5 Füllung.

¹⁾ Sehr ausführlich ist eine Pennsche oszillierende Maschine dargestellt in Sammlungen von Zeichnungen für die Hütte 1857, und zwar die Betriebsmaschine des Königl. Postdampfbootes „Preußischer Adler“.

Als Beispiel für eine schrägliegende oszillierende Maschine, die 1855 von der Maschinenfabrik Buckau für einen Schleppdampfer erbaut wurde, diene Fig. 569. Die Zylinder von 34 Zoll (864 mm) Durchmesser und 36 Zoll (0,91 m) Hub sind zu beiden Seiten der Kurbelwelle unter 90° zueinander geneigt angeordnet. Die entlasteten Schieber liegen auf dem Rücken der Zylinder und werden durch Pennsche und Stephenson'sche Kulisse betrieben. Die Kolbenstangen beider Zylinder greifen an einem Kurbelzapfen an, neben dem mit kleinerem Kurbelarm die Schubstange der Luftpumpe, die etwas aus der Mitte versetzt unter der Kurbelwelle steht, angelenkt ist. Wie die Kulissen mittels Handrad, Zahnradsegment und Winkelhebeln bei diesen Maschinen verstellt werden, zeigt Fig. 570.

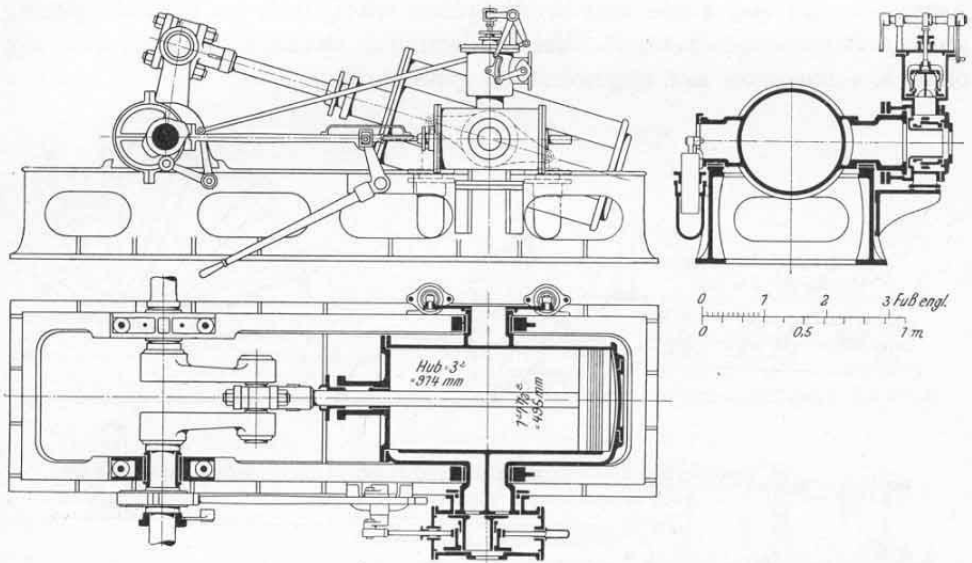


Fig. 571 bis 573. Liegende oszillierende Maschine von Escher Wyss in Zürich 1857.

(Nach Originalzeichnung.)

Eine wagrecht angeordnete kleine oszillierende Maschine von 25 PS veranschaulichen die Fig. 571 bis 573. Interessant ist die Steuerung. Der Schieber bewegt sich, durch ein Exzenter angetrieben, unmittelbar auf der Stirnfläche des Zylinderdrehzapfens. Der Abfluß des Dampfes erfolgt geradeswegs durch Schieber und Schieberkasten. Über dem Zylinderkasten ist ein in der üblichen Weise angetriebenes Expansionsventil angebracht.

Oszillierende Maschinen von riesigen Ausführungen wurden 1854 für das Riesenschiff „Great Eastern“, das mit Schrauben und mit Schaufelrädern ausgerüstet war, erbaut. Die oszillierende Maschine diente zum Antrieb der Schaufelräder; sie war von John Scott Russel erbaut. Vier Dampfzylinder von 74 Zoll (1880 mm) Durchmesser und 14 Fuß (4,27 m) Hub standen paarweise gegenüber und griffen an einem Kurbelzapfen an. Jedes Zylinder-

paar hatte eine besondere Luftpumpe und Kondensator. Die Zylinder waren mit Dampfmantel versehen, die mit Dampf von 60 Pfd./Qu.-Zoll (4,22 kg/qcm), den man besonderen Hilfskesseln entnahm, geheizt wurden. Die Dampfverteilung geschah bei jedem Zylinder durch zwei Schieber mit doppelter Einströmung. Die Maschine sollte bei 11 Umdrehungen in der Minute, einem Dampfdruck von 15 Pfd./Qu.-Zoll (1,05 kg/qcm) und $\frac{1}{3}$ Füllung 3300 PS_i leisten.¹⁾

e) Die schrägliegende Maschine.

Die Maschine mit wagerechtem oder schrägliegendem Zylinder hat man, wenn wir von Symingtons Ausführung 1803 absehen, zuerst in Amerika in größerem Umfange als Betriebsmaschine der Raddampfer angewendet. Hier wurde sie auf den Fluß- und Seedampfern schon früh in verhältnismäßig großen Abmessungen benutzt. Meistens waren es Hochdruckdampfmaschinen ohne Kondensation mit ungewöhnlich großem Hub.

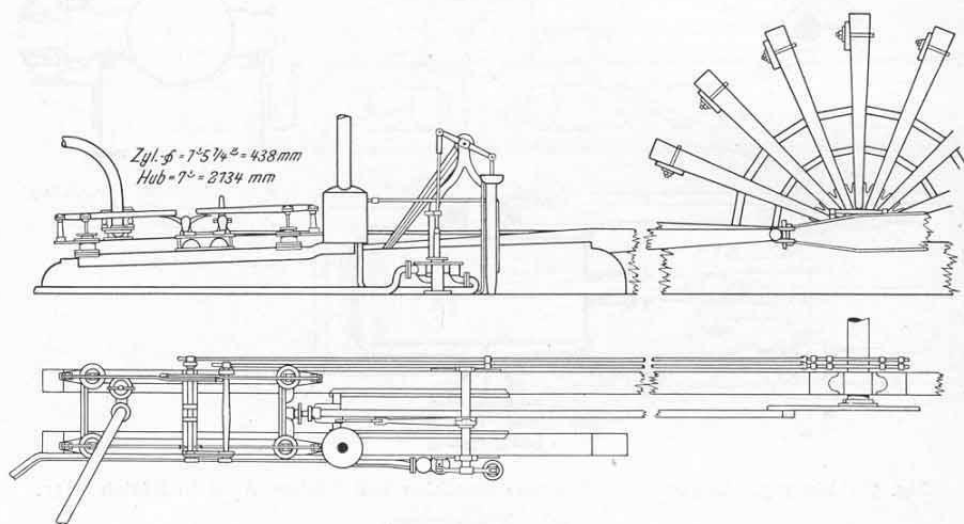


Fig. 574 und 575. Liegende Maschine in Amerika um 1830.

(Nach Hodge, Steam Engine, New York 1840.)

Fig. 574 zeigt eine liegende, in den 30er Jahren in Pittsburg gebaute Raddampfermaschine des „Merrimack“; sie hatte 438 mm Zylinderdurchmesser und 2,13 m Hub und lief mit 20 bis 30 Umdrehungen in der Minute, was einer Kolbengeschwindigkeit von 1,6 bis 2,1 m/sk entspricht. Der Zylinder stützt sich mit breiten seitlichen Auflagern auf zwei mächtige hölzerne Balken; eine lange hölzerne, eisenbeschlagene Schubstange überträgt die Kraft auf die Kurbelwelle. Der Zylinder ist nur sehr wenig gegen die Wagerechte geneigt. Die Dampfverteilung erfolgt durch Ventile. Der Dampf geht zuerst durch ein Steuerventil, dann durch ein

¹⁾ s. Engineer 1898, Bd. I, S. 395.

seitliches Rohr zum Zylinderende und hier durch das als gewöhnliches Tellerventil ausgebildete Einlaßorgan. Die vier Ventile sind seitlich an beiden Enden des Zylinders angeordnet; über ihnen liegende, an der Ventilspindel angreifende Hebel gehen bis zur Mitte des Zylinders und ruhen hier auf Wälzhebeln, die von der Kurbelwelle aus betätigt werden. Und zwar werden die Einlaß- und Auslaßventile durch unrunde Scheiben, die auf der Kurbelwelle sitzen, statt durch Exzenter betätigt. Die Füllung läßt sich durch Verstellen der unrunder Scheiben, die auf die Einlaßventile wirken, verändern. Speise- und Lenzpumpe werden von der Schubstange aus durch Winkelhebel angetrieben. Die aus leichtem Holz angefertigten Schubstangen sind durch fortlaufende Eisenplatten verstärkt, die an beiden Enden die Lager umfassen und durch entsprechende Keilanordnung miteinander verbunden sind. Die Kurbel ist aus Gußeisen, $1\frac{3}{4}$ Zoll (44 mm) dick und 18 Zoll (457 mm) breit; die Länge der Schubstange ist gleich dem sechsfachen Kurbelhalbmesser.

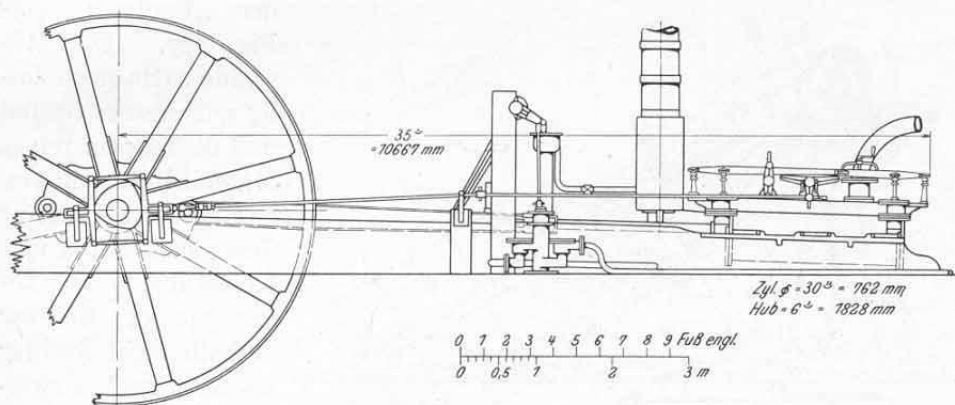


Fig. 576. Liegende Maschine in Amerika um 1830.

(Nach Hodge, Steam Engine, New York 1840.)

Fig. 576 zeigt ebenfalls eine liegende amerikanische Maschine, wie sie in den 20er und 30er Jahren auf dem Mississippi vielfach vorkamen.¹⁾ Hier hatte der Dampfer nur eine Maschine; deshalb war das Schwungrad hinzugefügt. Der Kurbelzapfen sitzt in einem gußeisernen Füllstücke, das zwischen den Armen des Schwungrades angebracht ist; um im Falle eines Zerbrechens des Kurbelzapfens sich helfen zu können, war schon vorher eine zweite Bohrung an anderer Stellung angebracht. Die Schwungradarme waren aus Holz, um Stöße, die plötzlich vorkamen, wenn die Schaufelräder mit schwimmenden Holzstücken zusammenstießen, elastisch aufzunehmen. Die Maschine hatte 762 mm Bohrung und 1,8 m Hub, sie arbeitete mit $\frac{3}{8}$ Füllung. Die Schubstange war nicht weniger als 19 Fuß 10 Zoll (5,8 m) lang.

¹⁾ Noch bis in die 70er Jahre waren derartige Maschinen, die ohne Kondensation mit Dampfdrücken von 14 at arbeiteten, nicht selten anzutreffen.

Diese Maschinen arbeiteten mit Kesseldrücken von 35 bis 150 Pfd./Qu.-Zoll (2,5 bis 10,5 kg/qcm); zuweilen kamen sogar 200 Pfd./Qu.-Zoll (14 kg/qcm) vor.

In Europa finden sich die schrägliegenden Maschinen zuerst in Holland, und zwar scheint man sie zuerst in Fijenoord gebaut zu haben. Von hier aus wurden sie durch Roentgen, dem Leiter der holländischen Fabrik, nach der „Gutehoffnungshütte“ verpflanzt. Schon 1841 hatte die „Gutehoffnungshütte“ für die Donau-Dampfschiffahrtsgesellschaft in Regensburg und auch für die Kölner Schiffahrtsgesellschaft (Schiff „Hermann“) schrägliegende Maschinen mit starkem gußeisernen Gestell gebaut.

In Frankreich wurden anfangs der 40er Jahre auf der Rhône schrägliegende Maschinen in Betrieb genommen.

Für die französische Kriegsmarine wurden 1844 zwei schrägliegende Maschinen von rund 150 PS_i von der Firma Roatzen in Rotterdam geliefert.

Die Maschine des „Vauban“ zeigt Fig. 577. Die Maschine hatte noch völlig gußeisernes Gestell und deshalb ein reines Maschinengewicht von 354 kg für 1 PS_i, mit Schaufelrädern und Kessel mit Wasser sogar 530 kg; sie war deshalb nicht leichter als die damalige zweiarmige Seitenhebelmaschine. Dies bedeutende Gewicht hinderte anfangs ihre weitere Verbreitung. Erst als man lernte, das gußeiserne Gerüst

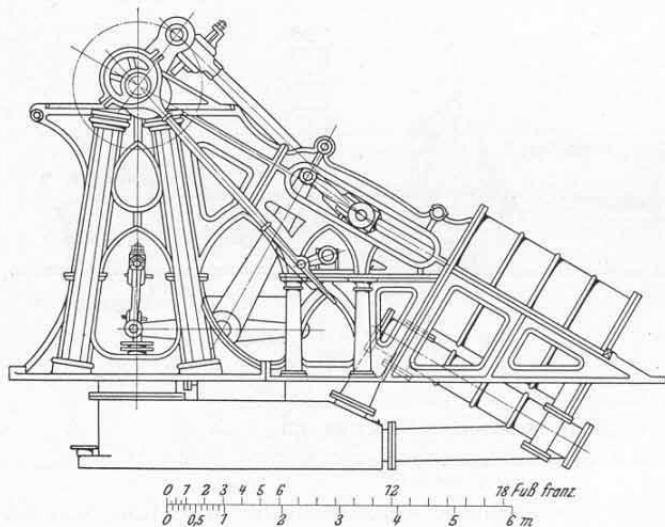


Fig. 577.

Schrägliegende Kriegsschiffmaschine, Rotterdam 1844.

(Nach Fréminville, Machines à vapeur marines, Paris 1861.)

schmiedeeiserne Konstruktionen zu ersetzen, erreichte man eine so bedeutende Gewichtsverminderung, daß heute die schrägliegende Maschine fast durchweg für Raddampfer ausgeführt wird. Die Neigungswinkel der Maschine sind je nach der Länge des zur Verfügung stehenden Raumes sehr verschieden. Während einige nur 10° und 15° haben, findet man bei anderen 30°, sogar bis 45°. Der Umstand, daß schrägliegende Maschinen gewöhnlich längeren Maschinenraum einnahmen, als andere Raddampfermaschinen, hatte zugleich auch den Vorteil der besseren Gewichtsverteilung, was besonders für leicht gebaute schnelle Dampfer in Frage kam. Die

Dampfverteilung geschah auch hier in der üblichen Weise, wie bei den anderen Maschinenbauarten.

Fig. 578 zeigt eine schrägliegende Maschine des Rheindampfers „Hohenzollern“, der 1853 von Miller & Ravenhill in London erbaut wurde und in den Jahren 1853 bis 1857 die Strecke von Köln bis Mainz bei günstigem Wasserstand in 11 bis 12 Stunden fuhr. Das Schiff kostete im ganzen 10000 £. Die „Hohenzollern“ galt noch in den 60er Jahren als das schnellste und eleganteste Rheinschiff.

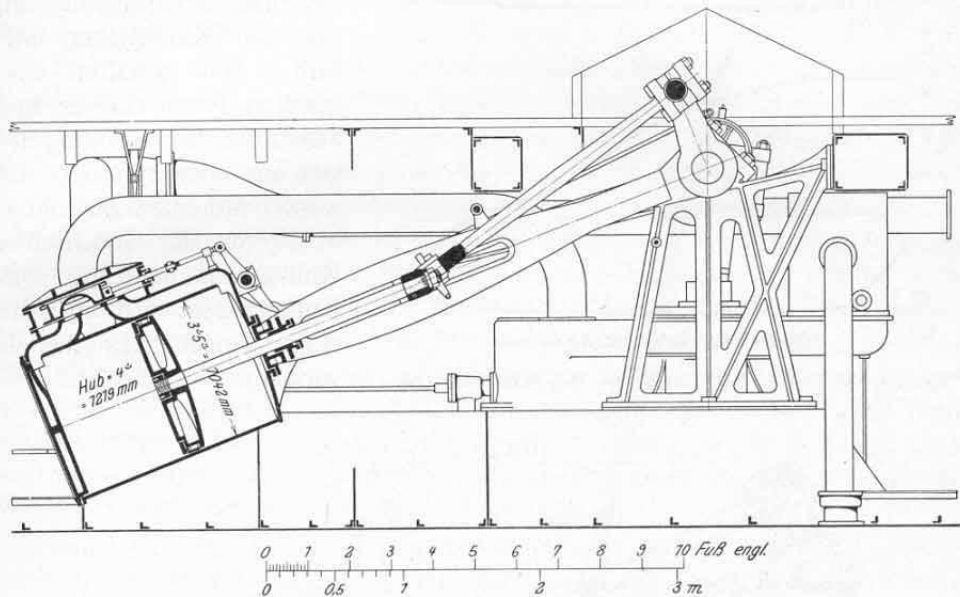


Fig. 578. Schrägliegende Maschine der „Hohenzollern“, England 1853.

(Nach Sammlung von Zeichnungen für die Hütte 1863.)

Zylinder und Lagerstuhl für die Schaufelwellen stützen sich auf zwei Maschinenbalken, die aus $\frac{5}{16}$ zölligen Blechen und 2 Zoll starken Winkel-eisen zusammengesetzt sind. Die Umsteuerung geschieht in der üblichen Weise durch lose Exzenter. Die Luftpumpe steht zwischen den beiden Maschinen und wird durch eine besondere Kurbel angetrieben. Die Pumpe selbst ist ganz in den Kondensator eingebaut. Der Schieber ist durch einen eingelegten Gummiring, wie die Zeichnung zeigt, entlastet. Jede Maschinenseite leistet 251 PS_i. Der Druck im Kessel beträgt 17 bis 18 Pfd./Qu.-Zoll (1,19 bis 1,26 kg/qcm.)

Zwei Diagramme, die 1856 am unteren Zylinderende genommen wurden, Fig. 579 und 580, zeigen die Arbeitsweise der Maschine, und zwar ist das obere Diagramm der Steuerbordmaschine bei Fahrt gegen den Strom in tiefem Wasser entnommen; das zweite Diagramm gehört zu der Back-

bordmaschine; die Maschine geht ebenfalls gegen den Strom, aber in seichtem Wasser. Die Umdrehungszahl beträgt 36.¹⁾

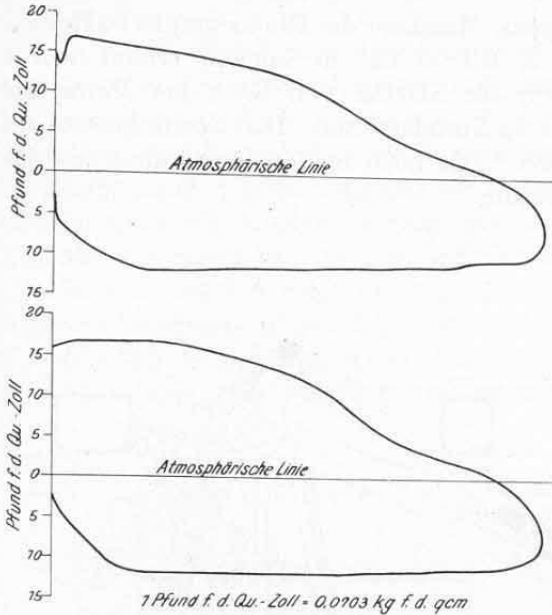


Fig. 579 und 580. Diagramme zur Maschine Fig. 578.

Eine liegende, von Escher, Wyss & Co. 1860 erbaute 50pferdige Maschine zeigt Fig. 581. An den Zylinder schließt sich unmittelbar ein durchbrochener gußeiserner Rahmen an, der das Kurbellager umfaßt.

Die geteilten entlasteten Flachschieber mit zweifacher Einströmung liegen auf dem Zylinder und werden mit einem Zwischenhebel von der Gooch'schen Kulisse aus betätigt. Der Kulissenstein wird mit Hilfe eines langen Handhebels verstellt.

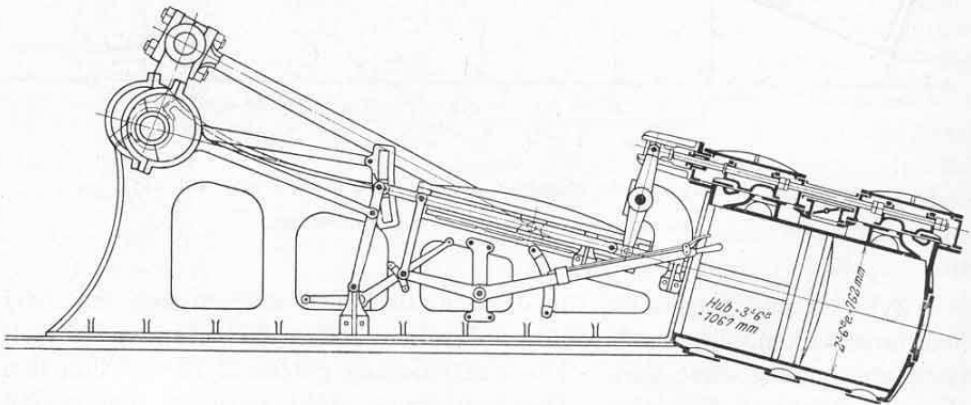


Fig. 581. Schrägliegende Maschine von Escher Wyss in Zürich 1860.

(Nach Originalzeichnung.)

¹⁾ s. Sammlung von Zeichnungen für die Hütte, Jahrg. 1863.

Über eine schrägliegende Maschine, von der Maschinenfabrik C. Waltjen & Co. in Bremen erbaut, die mit sehr interessanter, durch unrunde Nocken betätigter Ventilsteuerung versehen ist, wird ausführlich berichtet: Busley, Z. d. V. d. Ing. 1891, S. 777, Tafel 8.

D. Die Mehrfach-Expansionsmaschine.

a) Woolfsche Maschinen.

Es mußte nahe liegen, die Woolfsche Maschine, die bei ihrem ersten Auftreten und später wieder in den 20er Jahren so viel Aufsehen erregte, auch als Schiffsmaschine anzuwenden. Man ging wie bei der Landmaschine vor und begann durch Hinzufügen eines zweiten Zylinders die Maschinenleistung zu verstärken. Zuerst scheint man in Amerika einzylindrige Balanciermaschinen der Raddampfer in dieser Weise zu Woolfschen Maschinen umgebaut zu haben.

So rüstete 1824 P. Allaire das Dampfboot „Henry Eckford“ mit einer Woolfschen Maschine aus, deren Kolben gegenläufig arbeiteten. 1828 erbaute er fünf andere Boote mit ähnlichen Maschinen. An jedem Ende des Balanciers stand ein Zylinder; die Maschine arbeitete mit 25 Pfd./Qu.-Zoll (1,75 kg/qcm) Überdruck. Die damit erreichte Brennstoffersparnis rechtfertigte nicht das größere Gewicht und die höheren Kosten, die in der Verwendung von zwei Zylindern begründet waren. Erst um 1850 begann man wieder Woolfsche Maschinen bei höheren Dampfdrücken bei Schiffsmaschinen anzuwenden und erreichte bei 70 bis 75 Pfd./Qu.-Zoll (4,9 bis 5,3 kg/qcm) Dampfdruck eine sehr wesentliche Ersparnis. Die Zylinder standen gewöhnlich bei diesen Ausführungen nebeneinander. Es wurden aber 1850 auch Woolfsche Balanciermaschinen gebaut, bei denen der 37 Zoll (940 mm) weite Hochdruckzylinder in den 80zölligen (2032 mm) Niederdruckzylinder eingebaut war; der Hub betrug 11 Fuß (3,35 m).

Auch in Europa begann man besonders seit den 50er Jahren, Woolfsche Maschinen für Schiffe in den verschiedensten Anordnungen zu verwenden. Alle vorher erwähnten Bauarten kommen vor. Die Lage der beiden Zylinder zueinander war nicht minder verschieden. Bei stehenden Anordnungen findet sich der Hochdruckzylinder meist neben dem Niederdruckzylinder; zuweilen ist er auch über ihn oder in den großen Zylinder eingebaut. Das gleiche gilt von den oszillierenden Woolfschen Maschinen; bei liegenden Maschinen finden sich hinter- oder nebeneinanderliegende Zylinder.

Neben dem geringen Kohlenverbrauch der Woolfschen Maschine fiel für den Konstrukteur noch besonders ins Gewicht, daß im Vergleich zu einfachen Expansionsmaschinen die Unterschiede der Kolbendrucke während eines Hubes geringer ausfallen und der Anfangsdruck auf das Gestänge wesentlich kleiner ist, als bei einer einzylindrigen Expansionsmaschine. Das Mehrgewicht des Hochdruckzylinders konnte durch die geringer bemessenen Triebwerksteile fast ausgeglichen werden. Ein schwerwiegender Nachteil lag aber in der geringeren Manövrierfähigkeit. Da die Kurbeln der Woolfschen Maschinen stets gleichzeitig auf dem toten Punkt standen, so waren sie hierin mit einzylindrigen Maschinen zu vergleichen, die sie in der Gleich-

förmigkeit des Ganges nicht einmal erreichen. Man sah sich deshalb veranlaßt, unter 90° gekuppelte Woolfsche Maschinen zu verwenden, d. h. man kam zu Maschinen mit vier Zylindern und vier Kolben, bei denen je ein Hoch- und Niederdruckzylinder mit gleichlaufenden Kolben eine Maschineneinheit bildete. Solche gekuppelte Woolfsche Maschinen bekam z. B. der englische Dampfer „Cricket“ anfangs der 40er Jahre.

Diese von Joyce & Co. in den Greenwich Ironworks ausgeführte Maschine hatte oszillierende Zylinder, Fig. 582 u. 583.¹⁾ Hoch- und Niederdruckzylinder sind ihrer ganzen Länge nach nebeneinander zu einem Ganzen verschraubt. Die Kolben sind gleichlaufend und arbeiten auf eine Kurbel. Die Kurbeln beider Maschinen sind unter 90° gegeneinander versetzt. Die schrägliegende Luftpumpe, zwischen den beiden Maschinen angeordnet, ist in den Kondensator eingebaut und wird durch eine besondere Kurbel angetrieben. Zur Dampfverteilung dient ein auf dem Rücken der beiden Zylinder liegender normaler Muschelschieber, der in der vorher besprochenen Weise gesteuert wird.

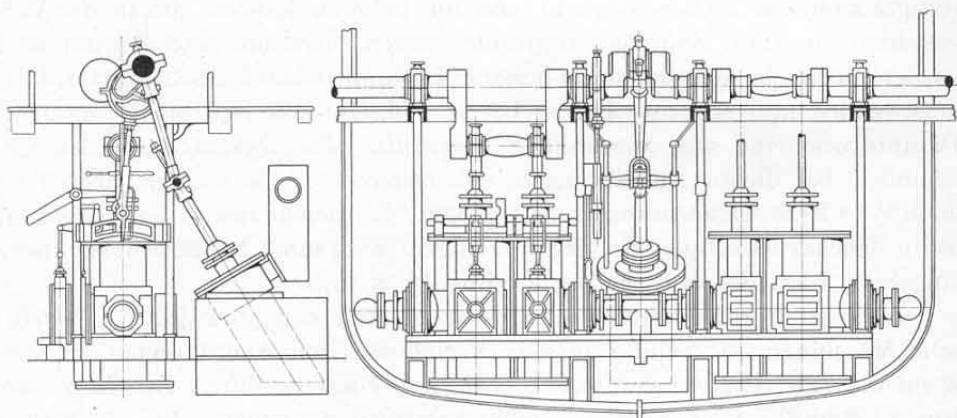


Fig. 582 und 583. Oszillierende Woolfsche Maschinen in England 1840.

(Nach Engineer, Bd. II.)

Die Maschine arbeitete mit 20 Pfd./Qu.-Zoll (1,4 kg/qcm) Dampfüberdruck. Ein Röhrenkessel von 68 bis 70 Zoll (1,73 bis 1,78 m) Durchmesser lieferte den Dampf. Ende September 1847 explodierte ein Kessel während der Fahrt, tötete etwa 17 Personen und verwundete über 60. Als Ursache der Explosion wurde Mehrbelastung des Sicherheitsventiles festgestellt. Trotzdem mag der Unglücksfall die damals noch in weiten Kreisen vorhandene Abneigung gegen „hohen Druck“ nur verstärkt und damit zugleich die weitere Einführung der Woolfschen Maschinen wesentlich erschwert haben.

Eine Woolfsche Maschine in schrägliegender Bauart zeigt Fig. 584. Die Maschine wurde von Escher, Wyss & Co. ausgeführt und 1862 in London

¹⁾ s. Engineer 1897, Bd. II, S. 471.

ausgestellt, wo sie die Aufmerksamkeit der Ingenieure in hohem Maße auf sich zog.

Die Kolbenstangen sind durch Gleitbahnen geradegeführt. Die Schubstange greift zwischen beiden Geradführungen an einem einarmigen Hebel an. Zur Steuerung dient eine Stephenson'sche Kulisse. Zwischen den Maschinen ist Luftpumpe und Kondensator angeordnet, die von einer besonderen Maschine angetrieben werden, deren Dampfzylinder unmittelbar über der Luftpumpe steht, während beide Kolbenstangen durch eine Kurbelschleife miteinander verbunden sind.

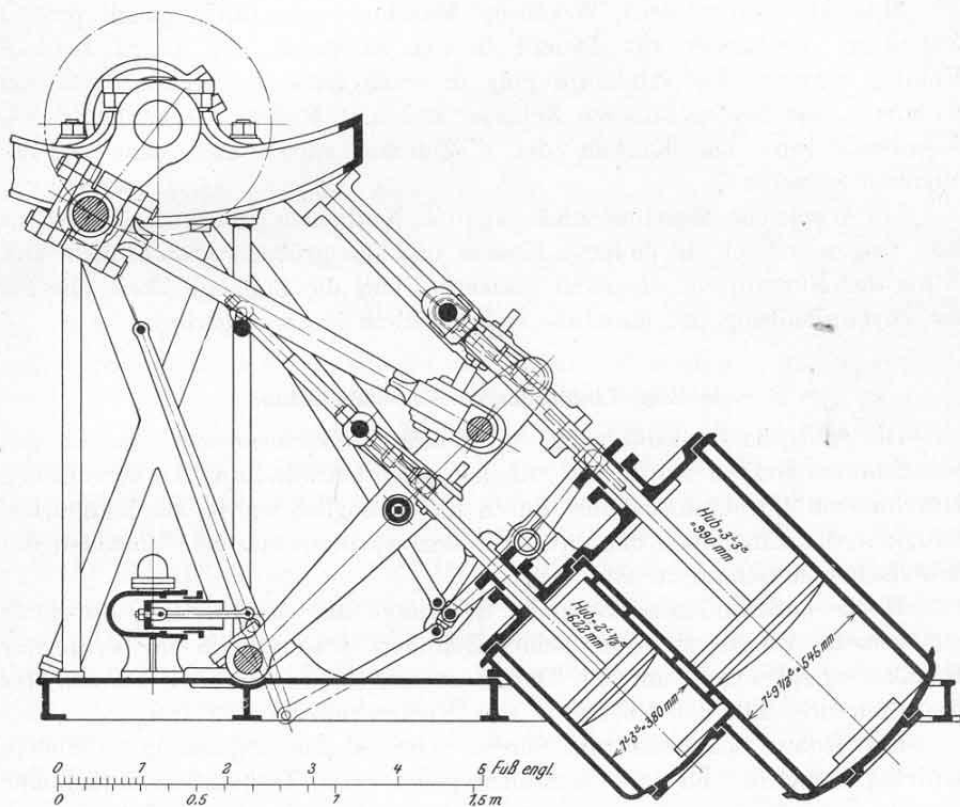


Fig. 584. Woolfsche schrägliegende Maschinen von Escher Wyss in Zürich 1860.

(Nach Originalzeichnung.)

Auch normale Seitenhebelmaschinen führte Escher Wyss in den 50er Jahren als Woolfsche Maschinen aus. Hier standen die beiden Zylinder unmittelbar nebeneinander. Die Kolbenstange wurde durch Gleitbahnen geradegeführt; zuweilen finden sich auch Gleitbahnen nur beim Hochdruckzylinder, während die Kolbenstange des Niederdruckzylinders irgend eine der bekannten Lenkerführungen aufweist. Die Dampfverteilung für beide Zylinder erfolgte durch einen am Hochdruckzylinder arbeitenden Schieber.

Unter den 488 Maschinen, die Ledieu 1862 in seinem großen Werke über Schiffsmaschinen¹⁾ aufführt, sind nur 10 Woolfsche, die namentlich von Elder erbaut sind. Diese Maschinen brauchten 1,2 kg Kohle für 1 PS_i; statt 2,4 kg, mit denen man bei den anderen Maschinen noch zu rechnen hatte. Man arbeitete mit Dampf von 2,3 at im Hochdruckzylinder und $\frac{1}{3}$ Füllung.

Andere englische Ingenieure suchten auch Mehrfach-Expansionsmaschinen mit 6 Zylindern auszuführen, und zwar 2 Hochdruckzylinder, in die der Dampf mit 8 at eintrat und von denen aus er in je 2 Niederdruckzylinder überströmte. Natürlich war die Maschine an sich zu teuer, zu schwer und zu verwickelt.

Mazeline führte auch Woolfsche Maschinen aus mit 3 gleich großen Zylindern, bei denen der Dampf in den mittleren mit 3,1 at bei 0,8 Füllung eintrat. Der Abdampf ging in einen Zwischenbehälter und von da aus in die beiden äußeren Zylinder mit 0,66 Füllung, von da zu den Kondensatoren. Die Kurbeln der 3 Zylinder waren unter 120° gegeneinander versetzt.²⁾

Die Woolfsche Maschine aber blieb ein Notbehelf. Die Vorteile, die sie bot, wogen vielfach die höheren Kosten und das größere Gewicht nicht auf. Auch der Einbau war oft recht schwierig, und die Zugänglichkeit, die für die Instandhaltung der Maschine so wesentlich ist, war geringer.

b) Erste Einführung der Verbundmaschine.

Die weitgehende Einführung der Mehrfach-Expansionsmaschine in den Schiffsmaschinenbau wurde erst möglich nach Umwandlung der Woolfschen Maschine zur Verbundmaschine, durch die es möglich wurde, die Manövrierfähigkeit der Einzylindermaschine mit den wärmetechnischen Vorteilen der Woolfschen Maschine zu verbinden.

Hoch- und Niederdruckzylinder arbeiteten hier auf Kurbeln, die unter 90° versetzt waren; zwischen beiden Zylindern war deshalb ein besonderer Behälter anzubringen, um den Dampf so lange aufnehmen zu können, bis die Steuerung ihm den Zutritt in den Niederdruckzylinder freigab.

Der Ruhm, die Bedeutung dieser neuen Maschinengattung in vollem Umfange erkannt und durch Ausführung der ersten Verbundmaschinen eine

¹⁾ A. Ledieu, *Traité élémentaire des appareils à vapeur de navigation etc.* Ouvrage publié avec l'autorisation de S. Exc. M. le ministre de la marine et des colonies, Paris 1862 bis 1866.

²⁾ Selbst atmosphärische Maschinen suchte man im Schiffsbau wieder einzuführen. So baute u. a. Seaward Maschinen, bei denen der Kolben nur in der einen Richtung durch Dampfdruck, in der anderen durch Luftdruck bewegt wurde. Der mittlere Dampfdruck betrug dabei 2 at, so daß also der Kolben sowohl beim Aufwärts- als Abwärtsgang den gleichen mittleren Druck erfuhr. Auch Farcot versuchte atmosphärische Schiffsmaschinen als Trunkmaschinen einzuführen. Der einzige Grund für diese Bestrebungen kann in der größeren Einfachheit, die man damit zu erreichen glaubte, gefunden werden; s. Ledieu, *Des appareils à vapeur*, Paris 1862, S. 549.

der bedeutsamsten Entwicklungsstufen erreicht zu haben, gebührt dem holländischen Ingenieur deutscher Abstammung, Gerhard Moritz Roentgen.¹⁾

Roentgen hatte sich als Offizier der niederländischen Marine wiederholt den Auftrag erhalten, in England Schiffs- und Schiffsmaschinenbau zu studieren. 1818, erst 23 Jahre alt, wurde er auf zwei Jahre nach England gesandt, 1823 noch einmal mit dem besonderen Auftrag, die Anwendung der Dampfkraft auf Kriegsschiffe zu studieren. In der dem Minister eingereichten Denkschrift trat er bereits 1824 für eiserne Schiffe ein und empfahl Dampfdrücke bis zu 10 at anzuwenden, überzeugt, daß durch die hierbei ermöglichte weitgehende Expansion allein geringerer Dampfverbrauch zu erzielen sei. Als technischer Direktor der auf seine Veranlassung hin 1824 gegründeten Niederländischen Stoomboot-Maatschappij gelang es dann Roentgen, seine Ideen auch auszuführen.²⁾

Die neue Dampfschiffahrtsgesellschaft beschäftigte sich anfangs nur mit dem Schiffsverkehr, und zwar auf der Linie London—Antwerpen und Mannheim. Die ersten Dampfer bezog sie aus England, die nächsten drei lieferte Cockerill. Bald aber zeigte es sich, daß eine Werkstatt notwendig war, um Wiederherstellungs- und Erneuerungsarbeiten an Schiffen und Schiffsmaschinen selbst ausführen zu können. Deshalb wurde 1826 gegenüber Rotterdam auf der Insel Fijenoord, in dem Gebäude der alten Militärschule eine große Reparaturwerkstatt erbaut. Hier führte Roentgen seine ersten Verbundmaschinen aus, und zwar waren es Umbauten der 1826 aus England bezogenen Dampfer „Herkules“ und „James Watt“. Der Umbau erfolgte 1829, und so kann dieses Jahr als das Geburtsjahr der ersten den praktischen Anforderungen gerecht werdenden Verbundmaschine angesehen werden.

Die Betriebsmaschine des „Herkules“ war eine Zwillingshochdruckmaschine mit 532 mm Zylinderdurchmesser und 1,52 m Hub. Nach einem ersten Entwurf plante Roentgen, zwei unter Deck geneigt liegende Niederdruckzylinder mit zwei Luftpumpen den wagerecht auf Deck angebrachten Hochdruckzylindern hinzuzufügen. Nähere Kostenberechnung ließ ihn darauf verzichten und nach einer billigeren Ausführung suchen. Der Umbau wurde nach Fig. 585 ausgeführt. Ein großer Zylinder wurde stehend unter Deck eingebaut und dazu, um Zeit zu sparen, ein vorhandener Zylinder von 1370 mm Durchmesser benutzt. Da mit diesem Zylinder nur ein Hub von 1,06 m zu erreichen war, so wurde ein Zwischenvorgelege mit Stirnrädern angebracht. Die Übersetzung war so bemessen, daß die Kurbel des Niederdruckzylind-

¹⁾ s. ausführliche Biographie Roentgens nebst genauer Darstellung seiner Arbeiten: Brückmann, Z. d. V. d. Ing. 1892, S. 941 u. 978, sowie 1893, S. 282. Ferner sehr ausführlich mit Abbildungen Engineer 1890, Bd. I, S. 232 u. Fortsetzung.

²⁾ Roentgen bot auch seinen Entwurf einer „Hoch- und Niederdruckmaschine“ Cockerill in Seraing an. Dieser lehnte aber ab, weil er mit der Zweizylindermaschine eines Berliner Ingenieurs erst schlimme Erfahrungen gemacht hatte. s. Z. d. V. d. Ing. 1892, S. 945.

ders nach jeder Umdrehung zu den unter 90° versetzten Kurbeln der beiden Hochdruckzylinder eine andere Stellung einnahm. Der Abdampf der Hochdruckzylinder ging in den wagrecht unter Deck liegenden, 610 mm weiten, 4,4 m langen Zwischenbehälter, den Roentgen „Refrigator“ nannte.

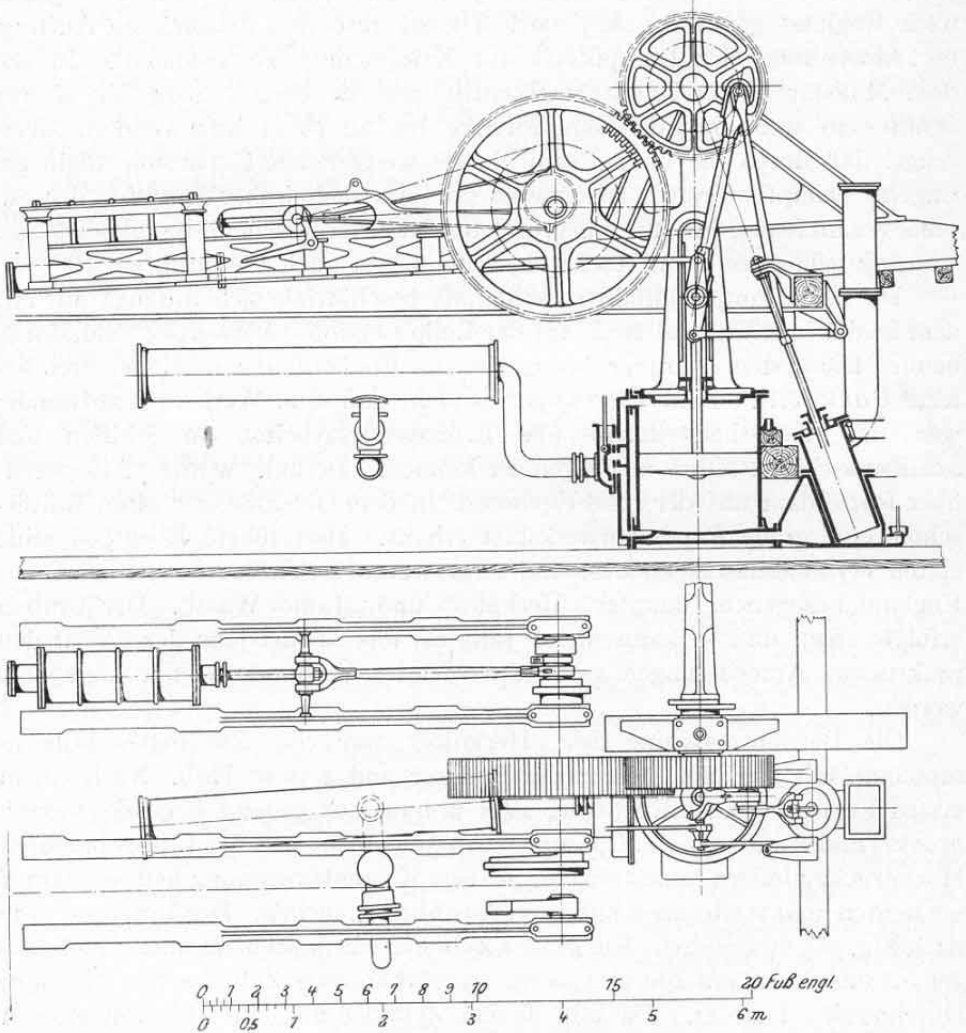


Fig. 585 und 586. Verbundmaschine des „Herkules“ von Roentgen 1829.

(Nach Engineer 1890, Bd. I.)

Von hier entnahm der Niederdruckzylinder seinen Arbeitsdampf. Diese neue Maschinenanordnung des „Herkules“ stellt somit die allgemeinste Form einer Verbundmaschine dar, bei der ein oder mehrere Zylinder ihren Auspuffdampf in einen Behälter abgeben, aus dem andere Zylinder ihren Arbeitsdampf entnehmen, um ihn schließlich in den Kondensator oder in die Atmosphäre zu lassen.

Nach dem Umbau des „Herkules“ begann Roentgen auch die Hochdruckmaschine des „James Watt“ in eine Verbundmaschine umzubauen, Fig. 587. Die ursprüngliche Maschine bestand aus zwei unter 30° geneigten Zylindern, von 508 mm Durchmesser, 1,016 m Hub. Ein auf Deck liegender Niederdruckzylinder, der bei 1370 mm Durchmesser den gleichen Hub, wie die ursprüngliche Maschine aufwies, wurde hinzugefügt. Betrug bei der „Herkules“-Maschine das Volumenverhältnis der zwei kleinen zu dem großen Zylinder $1:2,31$, so ergibt es sich hier zu $1:3,63$. Die Pleueln der beiden Hochdruckzylinder bildeten einen Winkel von 90° , den die Pleuel des Niederdruckzylinders halbierte. Die Pleuel der beiden Hochdruckzylinder bildeten einen Winkel von 90° , den die Pleuel des Niederdruckzylinders halbierte. Die Luftpumpe lag gleichfalls auf Deck unmittelbar hinter dem Niederdruckzylinder und wurde von der verlängerten Pleuelstange aus angetrieben. Beide Schiffe wurden Ende 1829 in Betrieb gesetzt.¹⁾

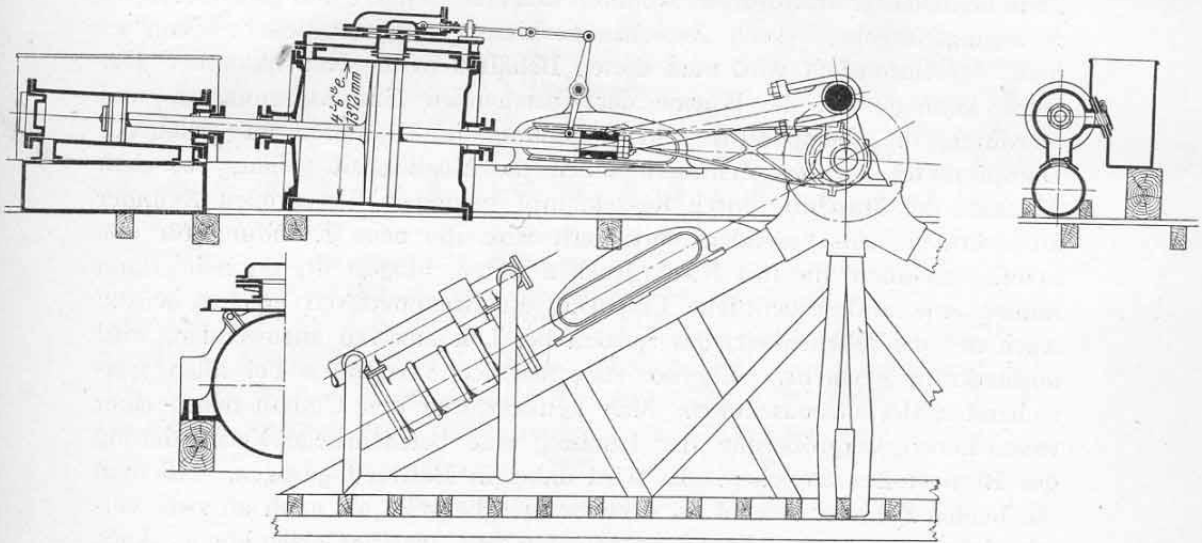


Fig. 587 und 588. Verbundmaschine des „James Watt“ von Roentgen 1829.

(Nach Engineer 1890, Bd. I.)

Diesen beiden Umbauten folgten dann neue Bauten von zwei Kreuzern für die Niederländisch-Indische Marine mit Verbundmaschinen von 330 und 639 mm Zylinderdurchmesser und 661 mm Hub.

Inzwischen ließ es sich Roentgen auch angelegen sein, die Ausführung der Verbundmaschine in England und Frankreich gesetzlich zu schützen. In Frankreich beauftragte er damit die im Dampfmaschinenbau berühmte Fabrik von André Koechlin & Co in Mülhausen i. E., die am 23. Juli 1834 auch ein Patent auf zehn Jahre für eine „Machine à vapeur expansive à cylindres indépendants et combinés“ erhielt. In England ließ Roentgen durch seinen

¹⁾ Nach dem Umbau wurde „James Watt“ in „Stadt Keulen“ umgetauft. Der „Herkules“ wurde später verkauft und gegen 1870 abgebrochen.

dortigen Agenten Ernst Wolf ein Patent nehmen, das unter Nr. 6600 am 24. Oktober 1834 erteilt wurde.¹⁾

In dem französischen Patent wird zunächst auf die Schwierigkeit, Woolfsche Maschinen bei der Dampfschiffahrt zu verwenden, hingewiesen, da man, um die Maschine manövrierfähig zu machen, zu vier Zylindern komme. Ferner wird an Hand von Abbildungen einer Seitenhebelmaschine die Wirkungsweise einer Verbundmaschine beschrieben und besonders auch darauf hingewiesen, daß man in der Lage sei, „an Stelle von nur zwei Zylindern deren drei oder selbst vier anzuordnen, welche nebeneinander den Dampf aufnehmen, wobei es auch einerlei ist, ob die Kolben dieselbe Geschwindigkeit haben, wenn sie nur in der Zeiteinheit dieselbe Zahl von Hüben machen“. Ferner wird in der Patentschrift empfohlen, zwischen den beiden Zylindern zur Aufnahme des überströmenden Dampfes einen Zwischenbehälter anzuordnen, wodurch sich eine ruhigere und gleichmäßigere Bewegung ergebe. Auch Zwischenüberhitzung ist vorgesehen, denn es heißt: „Gelegentlich wird man diesen Behälter in die Rauchkammer verlegen können, um die Wärme der abziehenden Gase auszunutzen und hierdurch die Temperatur und Spannung des Dampfes zu erhöhen.“ Dampfmäntel an den Zylindern sollen die Möglichkeit geben, vor dem Anlassen der Maschine durch Kesseldampf besonders den großen Zylinder anzuwärmen. Als besonders vorteilhaft wird die neue Erfindung für alle Schiffsmaschinen, die mit Niederdruck arbeiten, hingestellt, da sich „dann immer eine außerordentliche Ersparnis an Brennmaterial ergeben wird.“ Auch auf die Möglichkeit, das System bei Lokomotiven anzuwenden, wird aufmerksam gemacht. Ebenso lasse es sich verwenden bei allen feststehenden Betriebsmaschinen. Man könne durch den Umbau neben einer wesentlichen Vergrößerung der Leistung eine beträchtliche Verminderung des Brennstoffes erreichen. Es wird dabei in Betracht gezogen, daß man die beiden Zylinder sowohl an derselben Kurbelwelle als auch an zwei verschiedenen, die durch Zahnräder verbunden sind, arbeiten lassen könne. Auch für zwei vollkommen voneinander getrennte Maschinen lasse es sich anwenden. Der Patentanspruch lautete auf eine Expansionsdampfmaschine mit zwei, drei oder vier Zylindern, „welche ihren Dampf der Reihe nach jeder vom vorhergehenden empfangen, wobei jeder eine unabhängige Bewegung hat, welche aber alle derart vereinigt werden können, daß sie zusammen an einer oder an getrennten Kurbelwellen wirken können.“

Das englische Patent behandelt noch besonders eingehend den Umbau vorhandener Maschinen, sonst ist es dem Inhalte und den Abbildungen nach das gleiche.

¹⁾ Ein Abdruck des englischen Patents findet sich im Engineer 1891, Bd. I, S. 268. Den Nachweis, daß diese von fremden Personen genommenen Patente Roentgens Erfindung erhalten und von ihm veranlaßt worden sind, führt Brückmann in der Z. d. V. d. Ing. 1892, S. 981, woselbst er auch eine wörtliche Übersetzung des französischen und englischen Patents gibt.

Aus den Patentvorschriften ergibt sich unzweideutig, daß Roentgen den allgemeinen Fall einer Mehrfach-Expansionsmaschine im Auge gehabt und daß er bereits ein tiefes Verständnis für die Bedeutung dieses neuen Maschinensystems gehabt hat.

Wie sehr Roentgen als Ingenieur und hervorragender Schiffsmaschinenbauer geschätzt wurde, beweisen die weitgehenden Verbindungen, die er anzuknüpfen verstand. Sein Rat gab für die Kölnische Dampfschiffahrtsgesellschaft lange Zeit den Ausschlag. Ebenso war er auch technischer

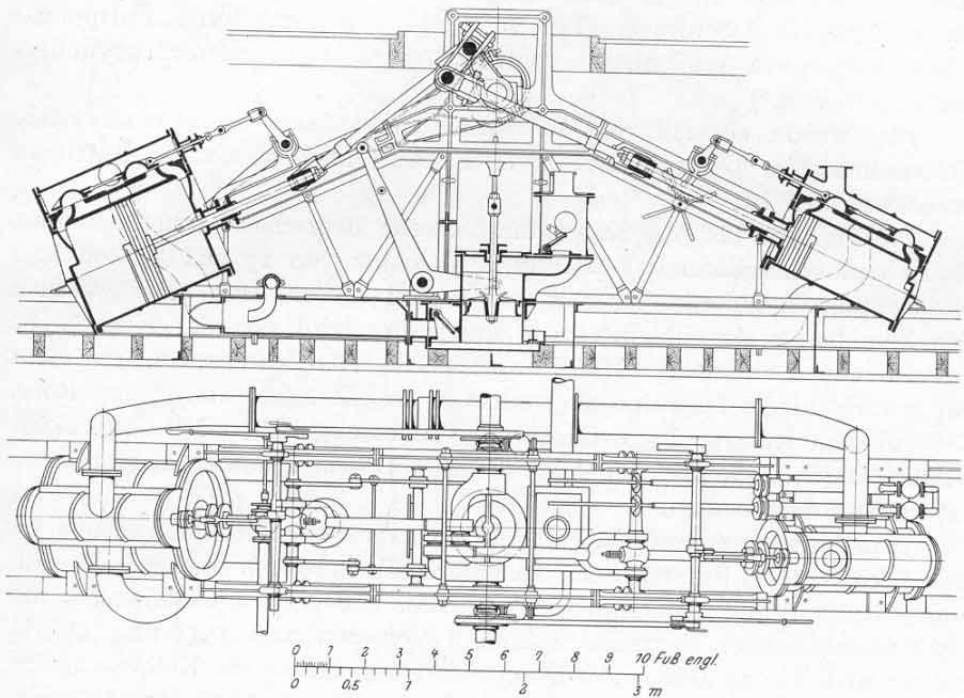


Fig. 589 und 590. Verbundmaschine der Gutehoffnungshütte in Sterkrade 1834 bis 1838.
(Nach Nottebohm, Zeichnungen, 1848.)

Beirat der „Gutehoffnungshütte“ in Sterkrade. Auf ihn ist es zurückzuführen, daß hier die erste deutsche Verbundmaschine gebaut wurde. Schon 1834 lieferte er für das Schiff „Kronprinz von Preußen“ den Entwurf zu einer Verbundmaschine, der aber nicht zur Ausführung kam, da der damalige Konstrukteur der „Gutehoffnungshütte“, Kesten, einiges an der Steuerung auszusetzen fand. Auch das in Roentgens Entwurf eingezeichnete gußeiserne Gestell wurde zugunsten eines sehr leicht gehaltenen, mit schmiedeeisernen Stangen verstrebtten Gestelles verlassen. Diese Maschine zeigt Fig. 589. Besonders fielen an der Maschine die hier mit zuerst verwendeten schmiedeeisernen Maschinengerüste, die nur das halbe Gewicht der früheren

betragen haben sollen, auf. Der ganze untere Teil war ein aus Winkel-eisen genietet, ebenfalls mit schmiedeeisernen Stangen verspannter Rahmen. Erst auf ihm erhob sich ein schmaler gußeiserner Rahmen, der die Kreuzkopfführung und das Schwungradlager aufzunehmen hatte. Die ursprüngliche Maschine hatte 18 und 53 Zoll (457 und 1346 mm) Zylinderdurchmesser und 3 Fuß (0,914 m) Hub. Da mit dieser Maschine nicht die verlangte Geschwindigkeit erreicht wurde, baute man 1838 und 1839 Zylinder von 20 und 36 Zoll (508 und 914 mm) Durchmesser bei 3 Fuß Hub ein, die ursprünglich für den Dampfer „Stadt Mannheim“ bestimmt waren.¹⁾ Die Maschine arbeitete mit 30 Umdrehungen und 60 bis 64 Pfd./Qu.-Zoll (4,2 bis 4,5 kg/qcm) Überdruck. Die 20¹/₂ Zoll (521 mm) weite Luftpumpe wurde mit einem Winkelhebel vom Kreuzkopf des Niederdruckzylinders aus angetrieben.²⁾

1845 wurde, ebenfalls von der „Gutehoffnungshütte“, eine oszillierende Verbundmaschine³⁾ ausgeführt, deren Entwurf auch wieder auf Roentgen zurückzuführen ist.

Die Fig. 591 bis 594 zeigen diese zweite deutsche Verbundmaschine. Es ist eine schrägliegende oszillierende Maschine von 17 und 33 Zoll (432 und 838 mm) Zylinderdurchmesser und 30 Zoll (0,76 m) Hub. Die zwischen den Zylindern senkrecht eingebaute Luftpumpe wird von der Kurbelwelle aus mit einem einarmigen Hebel angetrieben. Als Zwischenbehälter dient ein seitlich an der Maschine angeordnetes, 10¹/₂ Zoll (267 mm) weites Rohr. Die auf dem Rücken der Zylinder angeordneten geteilten Muschelschieber werden durch Exzenter mit Hilfe einer auf dem Zylinder angebrachten Hebelanordnung bewegt.

1839 bis 1840 erbaute Roentgen auch die erste Verbundmaschine für den Seedampfer „Batavia“ der niederländisch-indischen Marine. Es war eine schrägliegende Maschine mit schwerem gußeisernen Gestell und mit zwei nebeneinander liegenden Zylindern von 762 und 1524 mm Durchmesser und 1,67 m Hub. Zur Dampfverteilung diente ein Kolbenschieber. Der Niederdruckzylinder war mit eingegossenem Dampfmantel versehen.⁴⁾

Auch für die Dampfschiffahrt auf Maas und Mosel, für die besonders flachgehende Schiffe nötig waren, hat Roentgen frühzeitig Verbundmaschinen angewendet. Besonders interessant waren die für Moselboote in den Jahren 1839 bis 1840 erbauten Maschinen. Es waren zwei schrägliegende, vollkommen voneinander getrennte Maschinen, von denen jede ein Schaufelrad

¹⁾ Dieser Dampfer erhielt dann etwas größere Maschinen mit 21¹/₂ und 37¹/₂ Zoll Zylinderdurchmesser. Die Maschinen waren noch bis vor wenigen Jahren in Benutzung und wurden dann leider als altes Eisen verkauft.

²⁾ s. Nottebohm, Sammlungen von Zeichnungen, Berlin 1841.

³⁾ Die Maschine befand sich auf dem Dampfboote „Prinz Wilhelm“, das 1846 von der „Gutehoffnungshütte“ zurückgekauft und abgebrochen wurde.

⁴⁾ Die Originalzeichnungen sind veröffentlicht in der Z. d. V. d. Ing. 1892, S. 984.

antrieb. Sie lagen seitlich auf schmiedeeisernem Gestell, hatten 380 und 810 mm Durchmesser bei 1,52 m Hub. Die Kurbelwellen waren, um Gewicht zu sparen, hohl. Sehr interessant ist, daß, ebenfalls um geringes Gewicht zu erhalten, hier bereits Lokomotivkessel mit innerer Feuer-

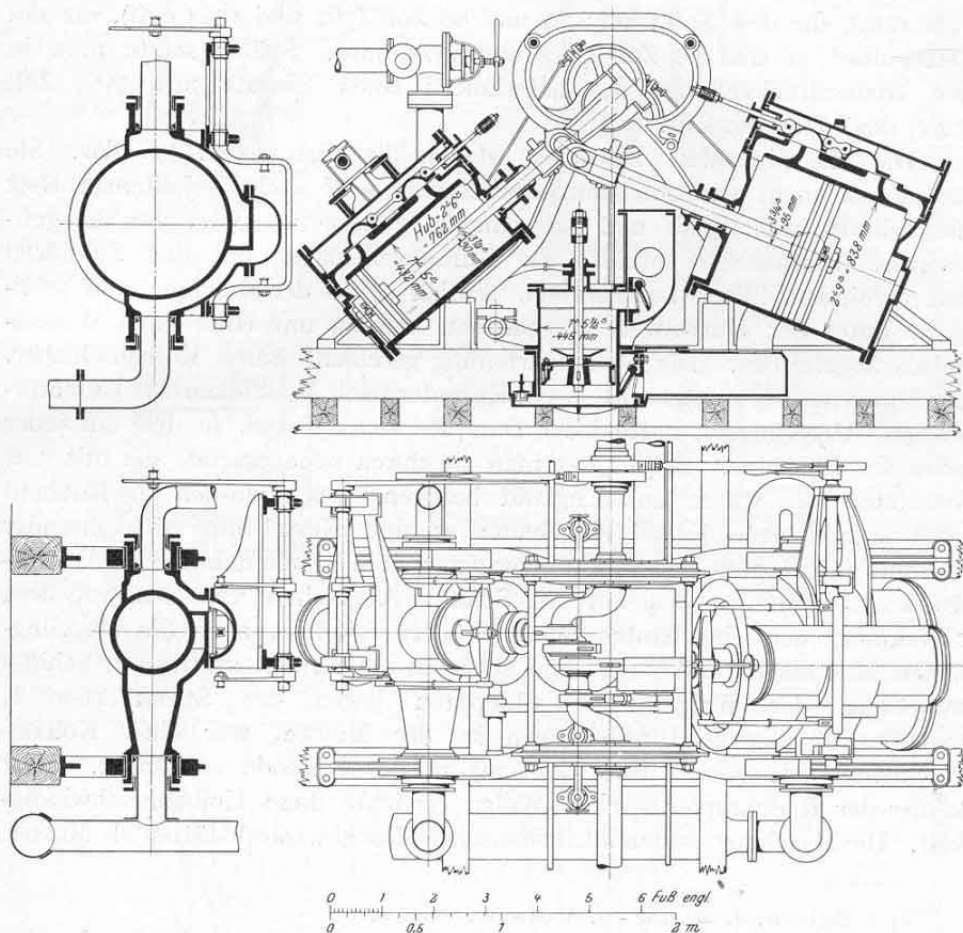


Fig. 591 bis 594. Oszillierende Verbundmaschine der Gutehoffnungshütte in Sterkrade 1845.

(Nach Originalzeichnung.)

büchse und 62 Messingröhren mit künstlichem Zug angewendet waren. Die Dampfverteilung geschah durch Kolbenschieber. Anfangs war auch ein besonderer Expansionsschieber vorgesehen, der aber nicht zur Ausführung kam.¹⁾

¹⁾ Zeichnung s. Engineer 1890, Bd. I, S. 62, 63 und 64.

Eine Liste der ersten Verbundmaschinen gibt Engineer 1890, Bd. II, S. 228.

Auch für die Elbdampfschiffahrt wurden 1840 von Roentgen drei Dampfer mit Verbundmaschinen ausgerüstet.¹⁾

Auch Rußland bestellte 1845 für die Wolga drei Dampfer mit Verbundmaschinen in Fijenoord. Diese Schiffe, „Sampson“, „Herkules“ und „Wolga“ genannt, wurden 1847 abgeliefert. Alle Maschinen hatten 7 Fuß (2,13 m) Hub; die Zylinderdurchmesser der „Wolga“ waren 25 und 50 Zoll (635 und 1270 mm), die des „Sampson“ 30 und 60 Zoll (762 und 1524 mm), die des „Herkules“ 31 und 60 Zoll (787 und 1524 mm). Später setzte man in den Niederdruckzylinder des „Herkules“ einen Einsatz mit $55\frac{1}{4}$ Zoll (1403 mm) Durchmesser.

Die Maschine des „Herkules“ stellen die Fig. 595 u. 596 dar. Sie lassen erkennen, wie auf schmiedeeisernem, sehr leicht gehaltenem Bett die Zylinder sich lagern und ein schmales gußeisernes Bett, das die gußeisernen Gleitbahnen enthält, die Kurbelwellenlager mit den Zylindern fest verbinden. Zwei Luftpumpen, seitlich neben der Maschine und senkrecht unter der Kurbelwelle angeordnet, werden mit Hilfe eines Winkelhebels angetrieben. Die Dampfverteilung geschieht durch Kolbenschieber. Die Umsteuerung erfolgt mit losem Exzenter nach Ausklinken der Exzenterstange. Ursprünglich hatte jeder Dampfer sechs Kessel, je drei auf jeder Seite der Maschine. Später hat man sie durch neue ersetzt, die mit 5 at arbeiteten; sie waren aus England bezogen. 1891 wurden in Rußland noch einmal neue Kessel eingebaut; es sind Kessel mit rückkehrender Flamme für Naphta-Feuerung eingerichtet. Sie arbeiten mit 8 at Dampfdruck; es kommen je 4 auf ein Schiff. Abgesehen von den auf dem „Herkules“ neu eingebauten Schaufelrädern, sind es noch die ursprünglichen Maschinen, und noch 1890 gehörten sie zu den kräftigsten Schiffsmaschinen der Wolga. Sie schleppten gegen den Strom 1600 t, machten 28 bis 30 Umdrehungen in der Minute, war einer Kolbengeschwindigkeit von 7 Fuß (2,13 m) in der Sekunde entspricht. Fast keiner der Raddampfer auf der Wolga erreichte diese Kolbengeschwindigkeit. Die Maschinen galten auch russischen Maschinenwerkstätten als Muster.

¹⁾ s. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1867, S. 33.

Auch in der Spinnerei Koechlings zu Vieux-Than war 1835 bereits eine Verbundmaschine Roentgens von 16 PS in Betrieb. Die Zylinder hatten 298 und 514 mm Durchmesser. Die Kolbengeschwindigkeit betrug 0,92 m/sk. Das Zylinderverhältnis war 1:3. Die Maschine leistete unter der Bremse 20 bis 25 PS. Es wurde festgestellt, daß die Roentgen-Maschine weniger leistete als eine Woolfsche Maschine und mehr Kohlen verbrauchte. Das scheint an der Steuerung, die einen starken Druckabfall hervorrief, gelegen zu haben. Auch mußte sie, da sie zwei vollkommen getrennte Balanciermaschinen darstellte, beträchtlich teurer als eine Woolfsche Maschine sein. Ferner stellt Koechlin fest, daß es 1835 etwa 55 Dampfmaschinen in den Bezirken des Oberrheinischen Departements gab, von zusammen 1000 PS, und daß die meisten von ihnen Woolfsche Maschinen mit mäßigem Druck waren; nur neun Wattsche Maschinen mit Niederdruck und drei Hochdruckmaschinen gab es. s. Engineer 1890, Bd. II, S. 104 und Bull. soc. ind. de Mulhouse, Bd. 9, Jahr 1836.

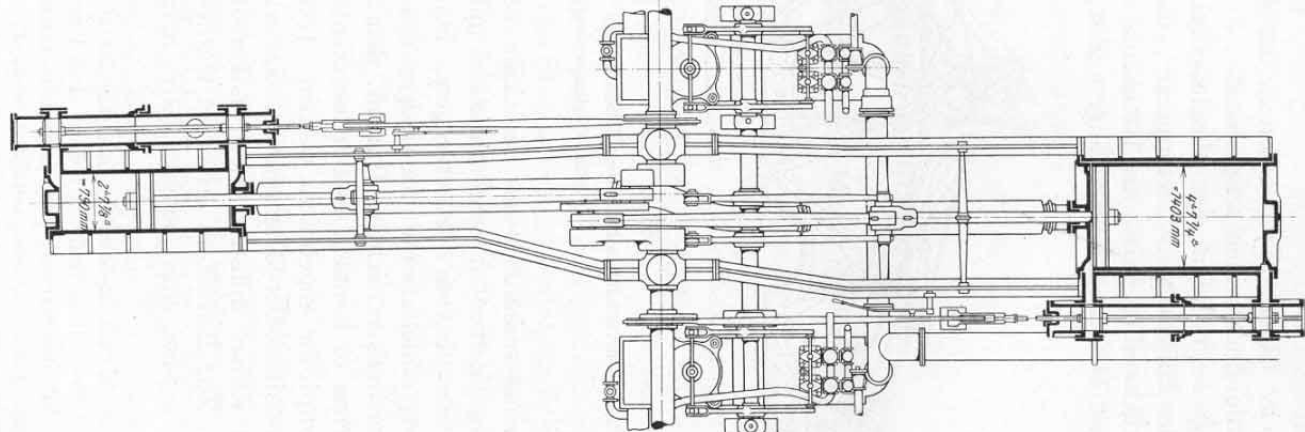
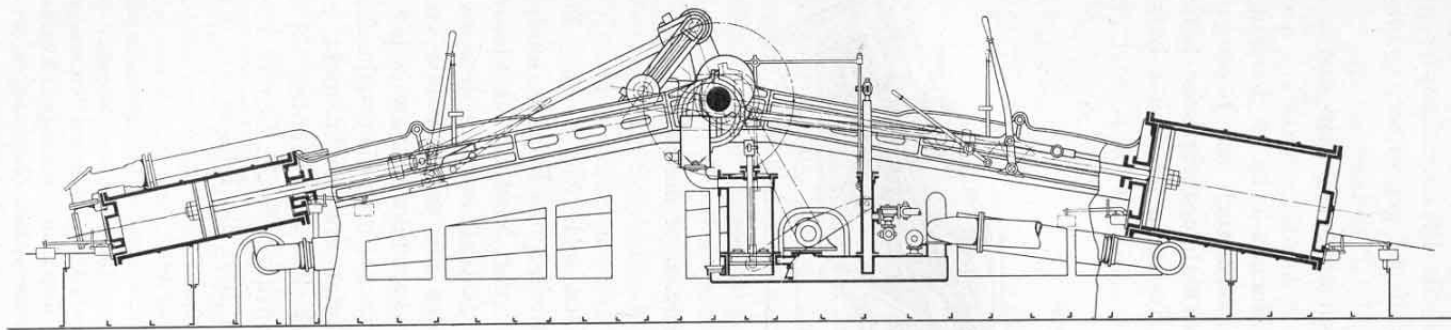


Fig. 595 und 596. Verbundmaschine des Wolgadampfers „Herkules“ von Roentgen in Fijenoord 1847.

(Nach Originalzeichnung.)

So wurden in den 60er Jahren in den Werkstätten von Hacks in Koungour 120 Schiffsmaschinen sowohl für Schleppdampfer als Personendampfer gebaut. Die meisten davon waren Verbundmaschinen mit gegenüberliegenden Zylindern.¹⁾

Auch vier Elbdampfer wurden in den Jahren 1837 bis 1840 mit derartigen Verbundmaschinen ausgerüstet.

Fig. 597 zeigt die in der Maschinenfabrik Buckau erbaute Verbundmaschine des Elbdampfers „Kronprinz“, die insofern auch auf Roentgens Einfluß zurückzuführen ist, als Tischbein, der damalige technische Leiter der Buckauer Maschinenfabrik, längere Zeit bei Roentgen gearbeitet hatte.

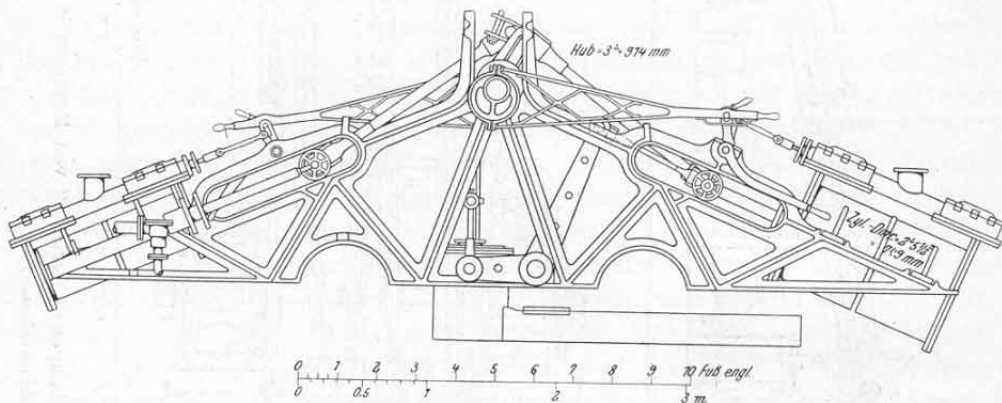


Fig. 597. Verbundmaschine des Elbdampfers „Kronprinz“ in Buckau 1837.

(Nach Originalzeichnung.)

Die Zylinderinhalte dieser Maschine verhalten sich wie 1:3,6. Zur Dampferzeugung diente Siederrohrkessel mit gemeinsamen Dampfsammler. Sie sollten Dampf von 4 at erzeugen. Da aber der Niederdruckzylinder volle Füllung erhielt, somit ein riesiger Spannungsabfall erfolgte, ließ sich der Druck niemals erreichen. Um mit den Schiffen nur einigermaßen vorwärts kommen zu können, mußte am Niederdruckzylinder ein zweizölliges direktes Dampfrohr angebracht werden. Jetzt erreichte man die gewünschte Umdrehungszahl. Der Dampfdruck war aber jetzt erst recht nicht zu halten; die Kessel mußten durch Lokomotivkessel ersetzt werden. Um den nötigen Zug hierfür zu erhalten, wurden Ventilatoren am Schornstein eingebaut, die aber einen solchen Lärm machten und die Reisenden auch

¹⁾ Obering. Kraft in Seraing, dem ich die Mitteilung über diese Maschinen verdanke, konnte feststellen, daß 1903 diese drei Dampfer noch mit den ursprünglichen Maschinen in Betrieb waren. Von Ingenieur Günzburg sind in dem „Messenger de Nijni-Novgorod pour la navigations à vapeur et l'Industrie“, Journal Technique mensuel de la section de Nijni-Novgorod de la Société Impériale Technique, Entrait du Nr. 4, April 1891, Mitteilungen über diese Maschinen nebst Zeichnungen veröffentlicht.

durch Flugasche so belästigten, daß man schon 1845 die ganze Maschinenanlage beseitigen und Pennsche oszillierende Maschinen mit Röhrenkesseln einbaute.¹⁾

Trotz manchem Erfolg, den Roentgens Verbundmaschine schon nachzuweisen hatte, geriet sie wieder in Vergessenheit. Erst als das Bedürfnis nach sparsameren Maschinen im Schiffsmaschinenbau immer fühlbarer wurde, kamen sie in England wieder als fast ganz neue Erfindung zum Vorschein, und durch die tatkräftige Energie der großen englischen Ingenieure Randolph und Elder, die Oberflächenkondensation und höheren Druck gleichzeitig verwendeten, begann mit ihr in den 60er Jahren eine neue Entwicklungsstufe des Dampfmaschinenbaues.²⁾

3. Die Schrauben-Schiffsmaschine.

A. Die Einführung der Schraube. Maschinen mit Vorgelege.

Eine große Umwandlung im Schiffsmaschinenbau trat ein, als die Schraube zunächst bei den Seedampfern das Schaufelrad zu verdrängen begann. Die ersten Versuche, eine Schraube als Treibapparat zu verwenden, reichen bis in die Anfänge der Dampfschiffahrt zurück. Einen Erfolg zeigten sie nicht, das Ruderrad blieb Sieger über alle die anderen oft sehr eigenartigen Treibmaschinen. Erst 1829 gelang es in Österreich Josef Ressel, mit Schrauben-Propellern glückliche Versuche durchzuführen. In England bemühte sich von 1836 an Smith ebenfalls erfolgreich, die Schraube einzuführen. Gleichzeitig beschäftigte sich der berühmte schwedische Ingenieur Ericsson in England, die Vorteile der Schraube gegenüber dem Ruderrade nachzuweisen. Da er aber nicht die nötige materielle Unterstützung fand, wandte er sich nach Amerika, wo sie ihm reichlich zuteil wurde und wo es ihm auch gelang, die Schraube endgültig in den Dampfschiffsbetrieb einzuführen. So schnell allerdings ging es nicht, als man

¹⁾ s. O. H. Mueller, Zur Geschichte der Compound-Maschine, Technische Blätter, Prag 1882, Heft 1. Es wird hier darauf aufmerksam gemacht, wie auch Roentgen sich über die Bedeutung des Spannungsausgleiches noch nicht klar war und daß man erst seit Rankine, der die Wirkung des Dampfes in Mehrfach-Expansionsmaschinen durch das Diagramm darlegte, die Bedeutung von Zylinderverhältnis, Kurbelwinkel, Größe des schädlichen Raumes und des Zwischenbehälters klar erkannte. Erst von da an, d. h. Ende der 50er Jahre, beginnt dann die Zeit der heutigen Mehrfach-Expansionsmaschine.

²⁾ Es ist interessant, festzustellen, daß auch von seiten der Arbeiter und Ingenieure noch lange Zeit auch in Holland ein Unterschied gemacht wurde zwischen einer „Hoch- und Niederdruckmaschine“ und einer „Compound-Maschine“; unter der ersten verstand man eine Verbundmaschine mit Einspritzkondensation, unter der zweiten eine mit Oberflächenkondensation.

heute, rückblickend auf die großen Vorteile, die dem Ruderrad gegenüber die Schrauben boten, wohl annehmen sollte. Noch Ende der 40er Jahre war der Kampf durchaus nicht entschieden. In England hielt man das Schaufelrad auch damals noch für den besten Treibapparat bei allen Schiffen, die ohne Benutzung der Segel allein durch Dampf betrieben werden sollten. Wo man den Wind noch zur Unterstützung der Dampfmaschine verwenden wollte, nahm man die Schraube, da sich ein Räderschiff seiner unbeholfenen Räder und Radkasten halber weniger zum Segeln eignete. Auch war es nachteilig, daß bei der Seitenlage des Schiffes das eine Rad zu tief eingriff, während das andere in der Luft arbeitete, ein Übelstand, der besonders bei hohem Seegang sich bemerkbar machte. Ende der 40er Jahre begann auch die Marine sich eifrigst mit der Einführung der Schraube zu beschäftigen, die für Kriegsschiffe den großen Vorteil bot, den äußeren Verletzungen weit weniger ausgesetzt zu sein. Interessant ist, daß die Kriegsschiffe zuerst so eingerichtet waren, daß man die Schraube, falls die Segel ausreichten, ganz abnehmen und im Schiff aufbewahren konnte.¹⁾

In England gilt als erster erfolgreicher Schraubendampfer der „Archimedes“, der, 1838 erbaut, am 14. Oktober 1839 seine erste Probefahrt machte. Die Betriebsmaschinen hatten G. & J. Rennie in London erbaut. Es waren stehende direktwirkende Dampfmaschinen mit obenliegender Kurbelwelle, von der aus mit zwei Stirnradvorgelegen die Schraubenwelle angetrieben wurde. Die Maschine machte 25 Umdrehungen, die Schraube $133\frac{1}{3}$ in der Minute, das Übersetzungsverhältnis war somit 1:5,33. In der gleichen Weise wurden anfangs alle Schraubendampfer angetrieben. Man hielt es zunächst für unmöglich, die so wesentlich höhere Umdrehzahlen erfordernden Schrauben unmittelbar von der Maschine anzutreiben, und nahm seine Zuflucht zu Zahnrad- und Kettenübertragungen, die in der verschiedensten Weise mit irgend einer der vorhandenen Schiffsmaschinen verbunden wurden. So finden sich auf den ersten Schraubendampfern fast alle die vorher besprochenen Maschinenbauarten wieder.

John Bourne gibt in seinem großen Werke: „A treatise on the screw propeller“, London 1867, allein 14 verschiedene Anordnungsformen von damals gebauten Schraubenschiffsmaschinen mit Vorgelegen. Mit normalen oszillierenden Maschinen wurde Ende der 40er Jahre der erste Schraubendampfer der britischen Marine angetrieben. Es war dies die 1845 erbaute königliche Yacht „Fairy“. Die Maschinen waren von Penn erbaut und hatten zwei Zylinder von je 42 Zoll (1067 mm) Durchmesser und 3 Fuß (0,914 m) Hub, die bei 51,6 Umdrehungen in der Minute 364 PS_i leisteten. Durch ein Zahnradvorgelege von 1:5 wurde die Schraubenwelle angetrieben.

Ferner finden sich Maudslays T-Plattenmaschinen, dann schrägliegende Maschinen mit gegenüberliegenden Zylindern; Turmmaschinen mit rück-

¹⁾ s. Verhandl. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbfl. in Preußen, 1849, S. 92.

kehrender Schubstange und auch sehr gedrungen gebaute Balanciermaschinen kommen vor.

Nur die Stellung der ganzen Maschine im Schiff ist eine andere, denn nicht mehr gilt es, eine hoch über der Maschine querliegende Ruderrad-

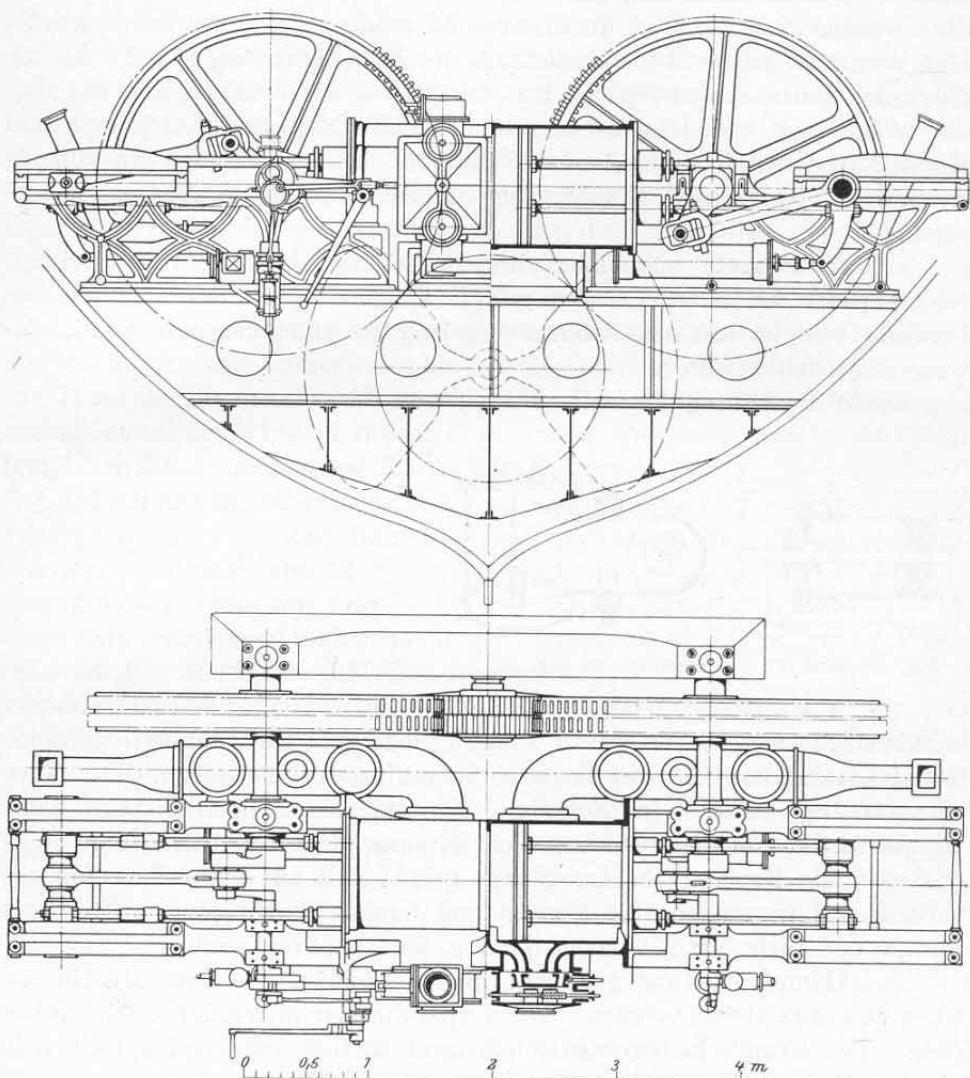


Fig. 598 und 599. Schraubenschiffsmaschine mit Vorgelege von Mazeline um 1850.

(Nach Armengaud, Publ. ind. 1856, Bd. 7.)

welle, sondern eine in der Länge des Schiffes tief unten liegende Schraubens-
welle anzutreiben. Standen also die Zylinder früher nebeneinander quer zum
Schiff, so stehen sie jetzt nebeneinander in der Längsachse des Schiffes.
Etwas Verschiedenheit gegenüber den schon besprochenen Maschinen brachte
auch der Einbau der Zahnradvorgelege mit sich, die auf einer oder beiden

Seiten der Maschine oder zwischen den Zylindern eingebaut wurden. Gewöhnlich bestanden sie aus mehreren nebeneinander angeordneten Zahnrädern.

Besonders aber begannen sich liegende Maschinen als Schraubenschiffsmaschinen einzuführen. Auch sie wiesen sehr verschiedene Anordnungen auf. Es kamen direktwirkende vor, bei denen die Schraubenwelle unter der Geradführung lag und durch zwei Zahnräderpaare angetrieben wurde. Das Vorgelege saß entweder außerhalb der Hauptkurbellager und trug zugleich den Kurbelzapfen oder es war mitten auf der Welle angeordnet. Bei der ersten auch von Rennie angewandten Bauart lagen Luftpumpe und Kondensator zwischen den beiden Zylindern; bei der anderen Ausführung wurden Luftpumpe und Kondensator zu beiden Seiten des Vorgeleges eingebaut.

Seaward baute auch Vierzylindermaschinen, bei denen je zwei Zylinder, paarweise nebeneinander gelegt, auf eine gemeinsamen Welle arbeiteten, von der aus mit Zahnradvorgelege die unten liegende Schraubenwelle angetrieben wurde.

Große Beachtung fand die Bauart von Mazeline, die er unter anderem auf den französischen Kriegsschiffen „Biche“ und „Sentinelle“ anwandte, Fig. 598 und 599.

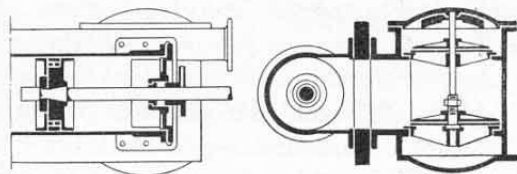


Fig. 600 und 601. Luftpumpe zu Fig. 587.

Es sind hier die beiden Zylinder mit ihren Böden gegeneinander wagerecht quer zum Schiff eingebaut. Jeder Zylinder treibt mit rückkehrender

Schubstange zwei Wellen an, die, unmittelbar vor den Zylindern gelagert, mittels Zahnrädern die tief liegende Schraubenwelle betreiben. Der Kondensator liegt unter dem Zylinder. Die liegende doppelwirkende Luftpumpe wird von einem fest mit dem Kreuzkopf verbundenen Arm angetrieben. Die Mazelinesche Luftpumpe gehört mit zu den ersten doppelwirkenden Luftpumpen, die Verwendung fanden.¹⁾ Die Konstruktion der Pumpe und ihrer Ventile lassen die Fig. 600 u. 601 erkennen.

Die Dampfverteilung geschieht durch Schieber, die von der Kurbelwelle aus angetrieben werden. Die Expansion vermittelt Meyersche Steuerung. Der Grundschieber wird durch zwei an ihm angebrachte Kolben in gleicher Weise, wie auf S. 461 Fig. 270 gezeigt, entlastet.

Die Maschine leistete 120 nom. PS; sie arbeitete mit halber Füllung und verbrauchte 5 bis 6 kg Kohlen für 1 PS-st.²⁾

¹⁾ Diese liegenden doppelwirkenden Luftpumpen waren Mazeline durch ein Patent vom 10. Januar 1847 geschützt. Noch vor ihm wurden bei der von Holms in England erbauten 260 pferdigen Schiffsmaschine der „Pomone“ liegende Luftpumpen verwendet.

²⁾ s. Armengaud, Publ. ind., Bd. VII, S. 485, Tafel 39 und 40.

Das Bedürfnis nach Maschinen, die unmittelbar auf die Schraubenwelle arbeiten konnten, wurde immer stärker, je schwieriger es war, bei den gewünschten Leistungen die großen Vorgelege einzubauen und zu betreiben; es überwand schließlich auch die Furcht vor den schnellaufenden Schiffsmaschinen. Man befürchtete, die schnellaufende Maschine würde sich außerordentlich stark abnutzen; man berücksichtigte nicht, daß man das gleiche auch bei Zahnradvorgelegen mit in Kauf nahm. Besonders fürchtete man das Heißlaufen der Lager bei den hohen Umdrehzahlen. Das wäre bei den damals üblichen viel zu kleinen Abmessungen auch sicher eingetreten. Auch wärmetechnisch sollten die Schnellläufer nachteilig sein. Der schädliche Raum war bei den langsamlaufenden Maschinen seltener mit frischem Dampf zu füllen, dagegen aber war bei den direktwirkenden Maschinen mit ihren wesentlich kleineren Zylindern der schädliche Raum kleiner. Am meisten aber hinderte anfangs die Luftpumpe, die mit ihren schweren Metallventilen sich durchaus nicht zu einem rascheren Gange bequemen wollte, die Einführung der schnellaufenden direktwirkenden Maschinen.

Erst als Ericsson aufeinandergeklebte Segeltuchstücke als Klappen verwendete und vor allem Humphrys zuerst die Gummischeibe als Ventil einführte, wurde auch diese Schwierigkeit überwunden.

Die neuen Maschinen kosteten mit ihren ungewohnten Betriebsbedingungen anfangs viel Lehrgeld. Die Konstrukteure mußten in mancher Beziehung „umlernen“. Fehler waren anfangs mehr Regel als Ausnahme. Die einzelnen Teile, vor allem die Lager und Zapfen, waren gewöhnlich viel zu klein und der ganze Zusammenbau der Maschine war oft in keiner Weise geeignet, die auftretenden Kräfte aufzunehmen.

Aber die Vorteile der schnellaufenden direktwirkenden Maschine, die vor allem in kleineren Abmessungen, also kleinerem Raumbedarf und geringerem Gewicht, bestanden, zwangen die Konstrukteure schließlich, alle Schwierigkeiten zu überwinden. In etwa einem Jahrzehnt verschwanden die Vorgelegemaschinen und machten zahlreichen Bauarten direktwirkender Maschinen Platz, deren Zahl durch den Kampf um das Brauchbare bald beträchtlich vermindert wurde.

B. Die liegende Maschine.

a) Die normale Kreuzkopfmachine.

Am naheliegendsten war es, die Zylinder wagerecht in gleicher Höhe mit der Schraubenwelle anzuordnen und mit Schubstange und Kurbel unmittelbar die Welle anzutreiben. Bei der geringen Breite des Schiffes ließ sich, auch wenn man sehr kleinen Hub nahm, kaum eine ausreichende Schubstangenlänge erhalten. Es waren also die gleichen Übelstände wie bei den direktwirkenden stehenden Maschinen der Ruderradschiffe zu erwarten.

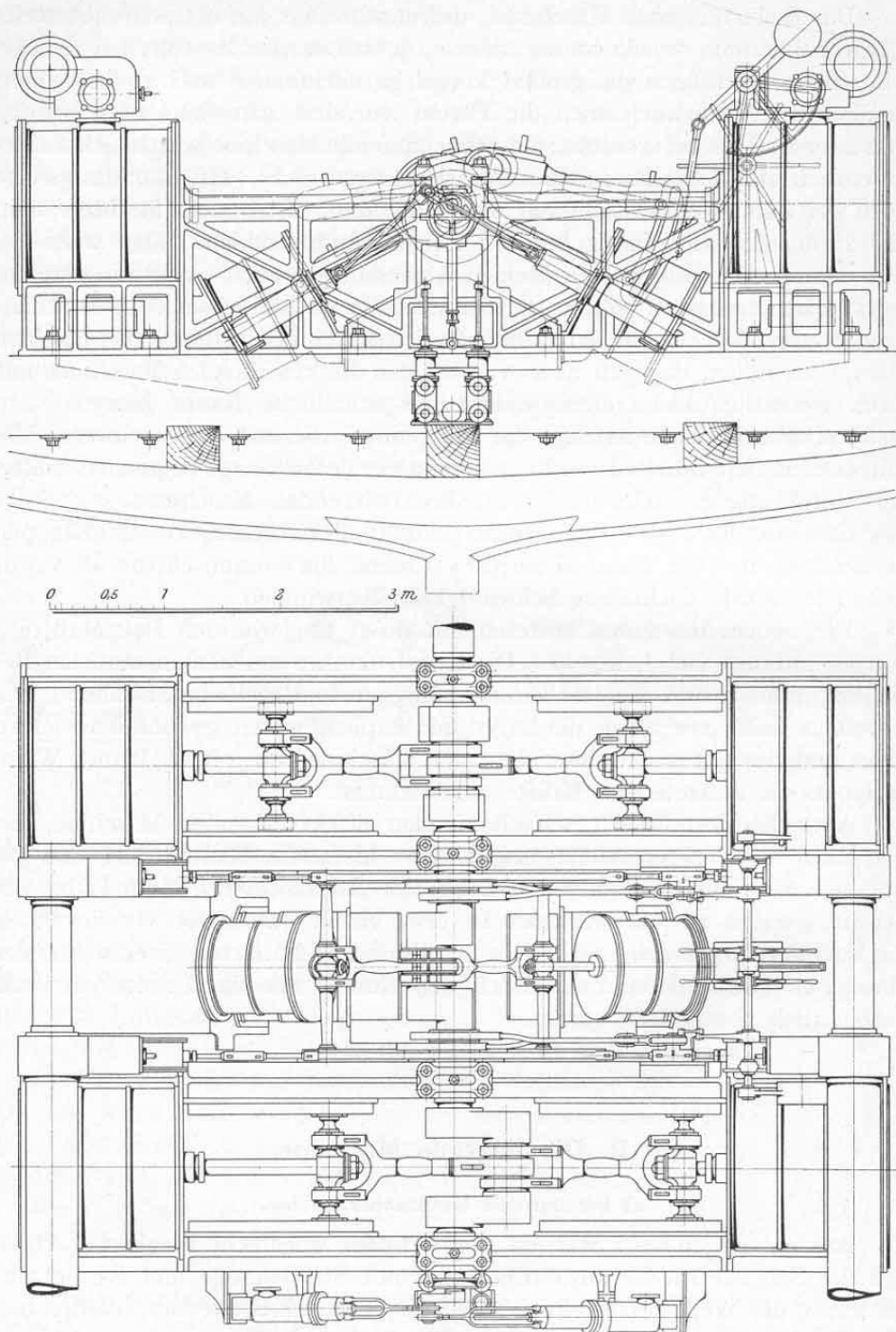


Fig. 602 und 603. Liegende Schraubenschiffmaschine mit 4 Zylindern von Watt & Co.
in Soho 1845.

(Nach Kronauer, Zeichnungen, Zürich 1854, Bd. III.)

Gewöhnlich ordnete man zwei Zylinder nebeneinander auf der einen Seite der Schraubenwelle an und baute ihnen gegenüber auf der anderen Seite der Welle Luftpumpe und Kondensator ein. Bei großen Maschinen wandte man, um nicht zu große Abmessungen zu erhalten, auch vier Zylinder an; hierbei arbeiteten je zwei Zylinder, einander gegenüber angeordnet, auf eine Kurbel; Luftpumpe und Kondensator lagen zwischen oder unter den Zylindern. Eine der ersten dieser Maschinen, die lange Zeit als die größte Schiffsmaschine galt, stellen die Fig. 602 u. 603 dar. Es ist eine 1845 von Watt & Co. in Soho erbaute Vierzylindermaschine (1320 mm Durchmesser, 0,91 m Hub), die zuerst mehrere Jahre lang nicht benutzt wurde, da das Schiff, für das sie bestimmt war, mit wesentlich kleineren Maschinen auskam. 1851 wurde sie auf die Weltausstellung gebracht, wo sie als größte Schiffsmaschine gebührend bewundert und auch mit einem Preis ausgezeichnet wurde. Einige Jahre später wurde sie schließlich auf dem Kriegsschiffe „James Watt“ eingebaut. Die Maschine leistete bei 50 bis 60 Umdrehungen in der Minute nom. 600 PS.¹⁾

Das Maschinengestell besteht aus vier gußeisernen, durchbrochenen Rahmen, die auf querschiffsliegenden, mächtigen Holzbalken verschraubt sind. An sie schließen sich acht kleinere gußeiserne, halb so hoch gehaltene Rahmen, die paarweise je einen Zylinder zu tragen haben. Die in der Mitte der großen Rahmen vierfach gelagerte Kurbelwelle wird unmittelbar von den sich gegenüberliegenden Zylindern angetrieben.

Je zwei Schubstangen arbeiten auf einen Kurbelzapfen. Die Schieberkasten liegen seitlich auf den Innenseiten der Zylinder; vor ihnen ist ein Expansionschieber angeordnet. Die Umsteuerung geschieht durch Stephensonsche Kulisse. Je zwei Zylinder haben einen gemeinschaftlichen Kondensator mit einer schrägliegenden Luftpumpe, die von der Kurbelwelle aus angetrieben wird. Seitlich der ganzen Maschinenanordnung liegen, ebenfalls schräg angeordnet, die Speisepumpen; sie werden durch eine kleine Stirnkurbel vom Wellenende aus betrieben; unmittelbar neben ihnen, mit Exzenter angetrieben, stehen zwei Kühlwasserpumpen.

Ebenfalls in Soho erbaute Vierzylindermaschinen trieben auch die Schrauben des „Great Eastern“ an.²⁾ Auch hier lagen sich, wie bei der vorhergehenden Maschine, die Zylinder unmittelbar gegenüber; die Kreuzköpfe wurden durch je zwei Kolbenstangen angetrieben. Luftpumpe (635 mm Durchmesser und 1,22 m Hub) und Kondensator lagen hier zwischen den Zylindern und wurden unmittelbar vom Kreuzkopf aus angetrieben. Die Schieber, die entlastet waren und doppelte Einströmung hatten, waren seitlich außen an den Zylindern angebracht und wurden durch eine Stephensonsche Kulisse angetrieben. Zur Umsteuerung wurde ein kleiner über der

¹⁾ s. J. H. Kronauer, Zeichnungen ausgeführter Maschinen, Zürich 1854, Bd. III.

²⁾ Gute Abbildung davon gibt Bourne, Screw propeller, London 1867. Grundriß der Maschinenanlage s. auch Engineer 1898, Bd. I, S. 395.

Kulisse aufgestellter Zylinder benutzt. Die Zylinder hatten 84 Zoll (2134 mm) Durchmesser und einen Kolbenhub von 4 Fuß (1,22 m). Die Kurbelwelle bestand aus zwei Teilen, die in der Mitte durch eine mächtige Scheibenkupplung von 8 Fuß (2,4 m) Durchmesser, deren eine Hälfte hohl gegossen war, um Kurbel und Schubstange auszugleichen, miteinander verbunden waren. Die Kurbelwellenlager maßen 23 Zoll (584 mm) im Durchmesser und waren 33 Zoll (838 mm) lang. Die Kurbelwelle (jeder Teil wog 15 t) galt als höchst bemerkenswertes Schmiedestück. Die Maschine arbeitete mit 25 Pfd./Qu.-Zoll (1,76 kg/qcm) Dampfdruck.

Auch die anderen Maschinenfabriken nahmen den Bau von direktwirkenden Vierzylindermaschinen in ähnlicher Anordnung auf, wenn es sich darum handelte, große Kräfte zu übertragen.

Seaward führte 1853 vierzylindrige Maschinen für das englische Kriegsschiff „Conflict“ aus, bei denen aber die Zylinder gegeneinander soweit versetzt waren, daß ihre Schubstangen unmittelbar nebeneinander an der Kurbel angreifen konnten. Luftpumpen und stehende Kondensatoren waren zwischen den beiden Maschinenhälften eingebaut. Die Maschinen hatten 1200 mm Zylinderdurchmesser, 0,6 m Hub und leisteten bei 63,6 Umdrehungen 400 nom. PS. Die Schieber lagen hier auf dem Rücken der Zylinder.

Rennie, der diese Bauart auch für eine Anzahl Kriegsschiffe, darunter für die 1850 erbaute „Megaera“, ausführte (1300 mm Durchmesser, 0,6 m Hub, 74,2 Umdrehungen, 350 PS), rückte die Zylinder unmittelbar nebeneinander und legte die Kondensation an die Seite, wo er zwei schrägliegende Luftpumpen von der Welle aus durch Kurbeln antrieb. Die einfachen Muschelschieber lagen auf den Zylindern.

Ähnliche Anordnungen von 900 bis 1200 PS wurden in den 50er Jahren ebenfalls für größere Kriegsschiffe in den großen französischen Marinewerkstätten zu Indret ausgeführt. Die Zylinder lagen sich hier genau gegenüber. Der Kondensator lag unter der Maschinengrundplatte; neben ihm war auch die sehr kurzhubige stehende Luftpumpe eingebaut, die mit einem über der Maschine drehbar gelagerten Winkelhebel vom Kreuzkopf angetrieben wurde. Die Länge der Schubstange war noch nicht dreimal so groß als der Kurbelhalbmesser. Die außen seitlich an dem Zylinder angeordneten Schieber wurden von einer Stephenson'schen Kulisse betrieben.

Ähnliche Ausführung zeigten auch in Creuzot gebaute Vierzylindermaschinen. Hier waren aber wieder liegende doppeltwirkende Luftpumpen eingebaut, und die Schieber lagen auf der inneren Seite der Zylinder. Über dem Grundschieber in besonderer Kammer war ein gitterförmiger Expansionschieber angebracht.

Die Vierzylindermaschinen waren naturgemäß schwer und teuer, und ihr Dampfverbrauch war sehr beträchtlich, was bei den großen Abkühlungsverlusten in vier Zylindern nicht wundernehmen konnte. Man suchte deshalb immer mehr auch für größere Kräfte Zweizylindermaschinen anzuwenden.

Um die Einführung dieser Maschinen machte sich besonders die englische Firma Humphrys, Tennant & Co. verdient, die von Ende 1856 an in ihren Werkstätten zu Deptford Maschinen der in den Fig. 604 bis 606 dar-

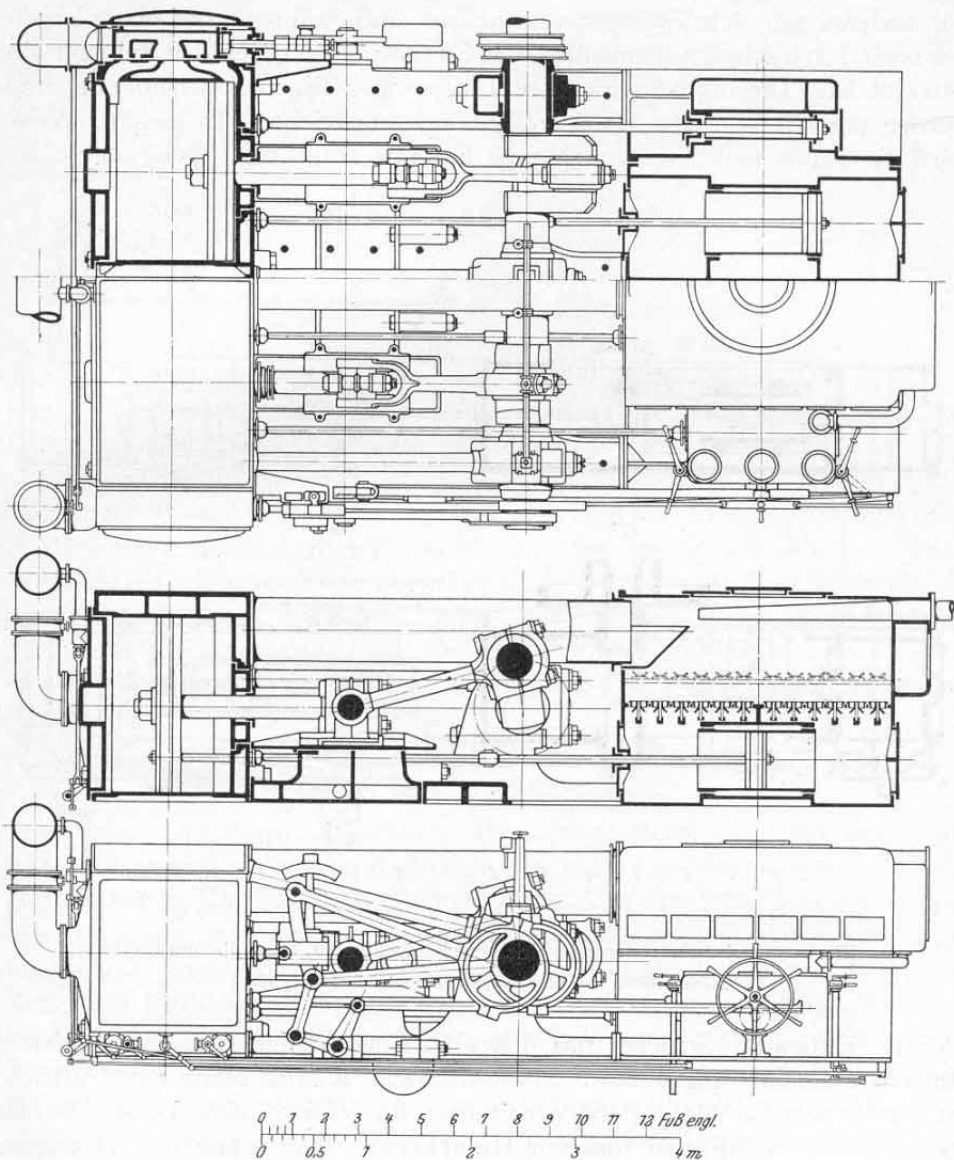


Fig. 604 bis 606. Schraubenschiffsmaschine von Humphrys 1856.

(Nach Burgh, Marine engineering, London 1867.)

gestellten Ausführung auf den Markt brachte. Die Bauart, die sich aufs beste bewährte, eignete sich in ihrer gedrungenen Anordnung vor allem auch für Kriegsschiffe.

Die beiden Zylinder liegen dicht nebeneinander auf der einen Seite der Kurbelwelle. Pumpe und Kondensator sind ihnen gegenüber auf der anderen Seite der Welle angeordnet. Die Kurbelwelle ist in drei Gußeisenlagern sicher gelagert, die auf der einen Seite mit dem Kondensator, auf der anderen mit dem Zylinder verschraubt sind, während der obere Lager teil noch durch schräge schmiedeeiserne Strebestangen gegen den Zylinder abgestützt ist. Die doppelwirkenden Luftpumpen liegen nebeneinander und werden unmittelbar vom Dampfkolben aus angetrieben. In gleicher Weise wird die außen neben der Luftpumpe liegende Bilge- und Speisepumpe be-

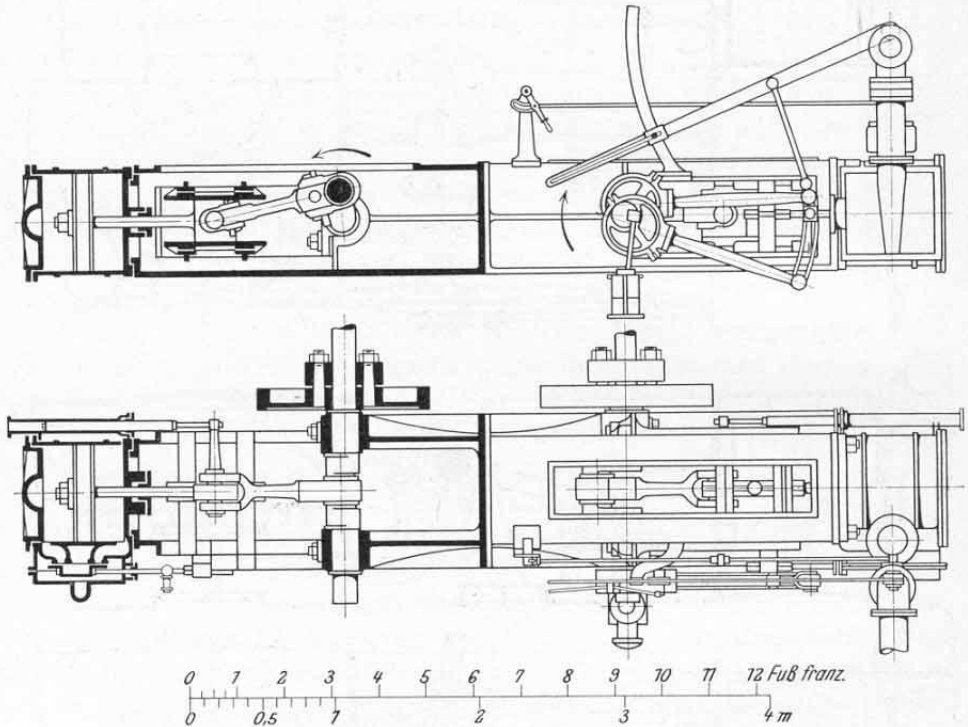


Fig. 607 und 608. Liegende Hochdruckmaschine in Marseille um 1850.

(Nach Leduc, Appareils à vapeur de navigation, Paris 1862.)

tätigt. Entlastete Schieber mit doppelter Einstromung sind außen seitlich an den Zylindern angebracht. Stephenson'sche Kulisse dient zum Antrieb, und zwar war sie als sog. Stangenkulisse ausgeführt, eine Form, die als besonders dauerhaft galt und von Humphrys mit zuerst angewendet wurde. Der Arbeitsdampf strömt durch ein gerades Rohrstück unmittelbar vom Zylinder in den Kondensator über. Neu an den Maschinen war auch der Kreuzkopf mit eingleisiger Gleitführung. Der Kreuzkopf besteht hierbei aus zwei Rotgußteilen, die durch zwei lagerartige Deckel zusammengehalten werden und einem besonderen Gleitschuh, der, unten angebracht, die Gleitfläche abgibt.

Maschinen ähnlicher Anordnung führte in Frankreich Nillus aus. Eine Maschine mit 160 nom. PS bei 2,5 at Dampfdruck hatte 1100 mm Zylinderdurchmesser bei 0,65 m Hub und machte 65 Umdrehungen in der Minute; die Schieber lagen hier auf den Zylindern; ein besonderes Expansionsorgan, mit dem man die Füllung von 0,6 bis 0,3 verändern konnte, war vorhanden. Auch hier lagen Luftpumpe und Kondensator auf der den Zylindern entgegengesetzten Wellenseite und wurden in der gleichen Weise wie vorher beschrieben angetrieben. Aber die ganze Formgebung zeigt bei weitem nicht ein so neuzeitiges Gepräge wie die der englischen Maschinen.

Auch Hochdruckmaschinen ohne Kondensation wurden als liegende direktwirkende Maschinen ausgeführt. Die Maschinen waren, da Kondensation, Pumpen und was sonst dazu gehörte, hier wegfiel, naturgemäß sehr einfach. So wurden in Creuzot von Mathieu in den 50er Jahren Maschinen von 100 bis 200 PS für Kanonenboote erbaut. Später wurde meistens Oberflächenkondensation hinzugefügt. Die Zylinder lagen hierbei unmittelbar nebeneinander, die einfachen Muschelschieber außen. Die Zylinder waren mit Dampfmänteln versehen.

Eigenartig eingebaute liegende Schiffsmaschinen für Zweischraubenschiffe rühren von Bourdon her. Sie wurden mehrfach für die sog. schwimmenden Batterien der französischen Flotte in den 50er Jahren von den berühmten Werkstätten „Des forges et chantiers de la Méditerranée“ in Marseille erbaut. Die Fig. 607 u. 608 lassen Einbau und Steuerung dieser Zweischraubenschiffsmaschine erkennen. Bei 700 mm Zylinderdurchmesser, 0,4 m Hub, 160 Umdrehungen in der Minute, 0,7 Füllung und 5 at Kesseldruck leistete die Maschine 150 PS.¹⁾

b) Die liegende Trunkmaschine.

Diese von Penn eingeführte Maschinengattung entstand durch die Anforderungen der englischen Marine, die 1845 beschlossen hatte, in sehr beträchtlichen Umfange ihre Dampfschiffe zu vermehren und ausschließlich Schrauben anzuwenden. Man verlangte, die Maschinen sollten unbedingt mit jedem ihrer Teile unter Wasserlinie zu liegen kommen. Da zu der Zeit noch besondere Maschinenarten für Schraubenschiffe nicht vorhanden waren, sondern meistens noch die gewöhnlichen Ruderradmaschinen mit Vorgelege benutzt wurden, so galt es hier, neue Wege einzuschlagen. Die Marine gab den Konstrukteuren zunächst volle Freiheit in der Wahl der Bauart und der Betriebsverhältnisse. Eine große Menge der verschiedenartigsten Vorschläge wurden eingereicht. Die Untersuchungskommission wählte die brauchbarsten aus. In den Jahren 1845 und 1846 gab die Marine etwa 15 Paar Schraubenschiffsmaschinen der verschiedensten Bauart und von den verschiedensten Abmessungen in Auftrag. Man wollte diese eine

¹⁾ s. A. Ledieu, *Traité élémentaire des appareils à vapeur de navigation*, Paris 1862, 3 Bde. Text, 2 Bde. Atlas.

Zeitlang versuchen und sich die für dauernde Anwendung geeignetste Bauart aussuchen. Unter diesen verschiedenen Formen von Maschinen ohne Zahnradübersetzung, die den Wettbewerb bestanden, erregte die in den Fig. 609 u. 610 abgebildete Trunkmaschine von Penn die größte Aufmerksamkeit.¹⁾

Ihre außerordentlich zusammengedrückte Bauart, die mit Hilfe des Trunks doch eine genügende Länge der Schubstange ermöglichte, schien sie als Kriegsschiffsmaschine besonders geeignet zu machen.

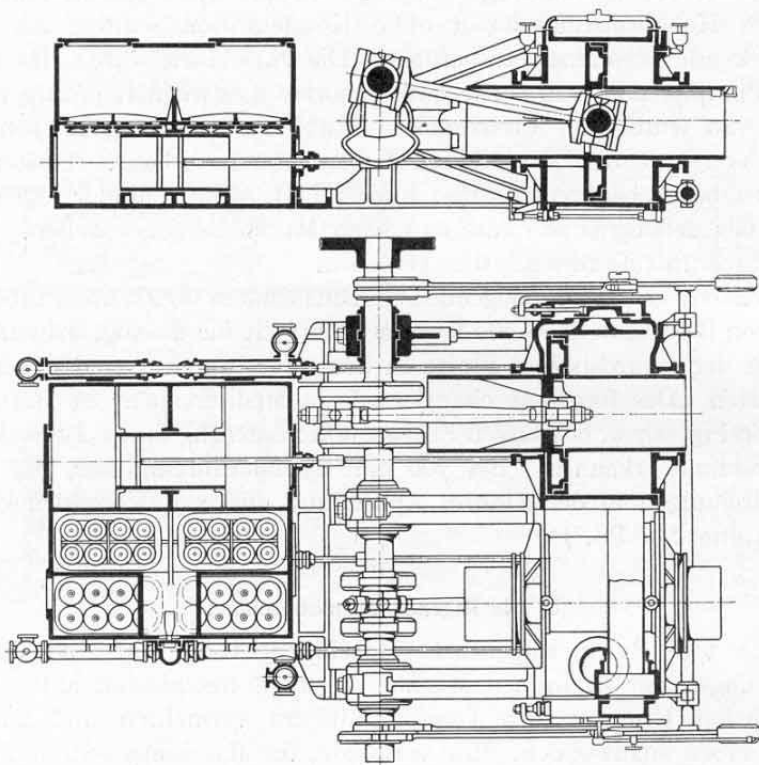


Fig. 609 und 610. Penns Trunkmaschine um 1850.

(Nach Engineer 1897, Bd. II.)

Schon vor Penn gab es Maschinen, bei denen die Schubstange unmittelbar am Kolben angriff und eine hohle durch eine Stopfbüchse geführte Kolbenstange sie gegen den Zylinderraum abdichtete. Watt hatte bereits 1784 in seinem Patent diese Maschinenbauart auch durch Zeichnungen festgelegt.²⁾ Später wurde sie von Humphrys auch für die Ruder- radschiffe wie erwähnt (S. 670) wieder aufgenommen. Hierbei wurde aber

¹⁾ Zur dauernden Verwendung kam sie erst 1851 auf dem englischen Kriegsschiff „Arrogant“. Sie hatte 1400 mm Durchmesser, 0,9 m Hub und machte 61 Umdrehungen.

²⁾ s. Muirhead, Mechanical Inventions of James Watt, Vol. III, S. 109.

ein Trunk von rechteckigem Querschnitt und kein zylindrischer Trunk wie bei Penn verwendet. Die Pennsche Maschine zeichnete sich auch besonders durch die sorgfältige Ausführung der einzelnen Teile aus. Das mag wohl nicht zum geringsten Teil ihren Ruhm begründet haben.

Die Zylinder liegen unmittelbar nebeneinander. Die Schieber, außen an den Zylindern angebracht, werden durch Kulissen in üblicher Weise angetrieben. Auf der anderen Seite der Kurbelwelle liegen Luftpumpe und Kondensator. Für jede Maschinenseite getrennt ausgeführt, werden sie von einem gemeinsamen gußeisernen Kasten umschlossen, der durch drei gußeiserne Rahmenstücke fest mit den Dampfzylindern verbunden ist. Diese Rahmen haben auch die drei Kurbelwellenlager, deren oberer Teil durch eine schräge gußeiserne Strebe des Gestells noch besonders gegen den oberen Teil des Zylinders abgesteift ist, aufzunehmen. An den Kurbeln sind Gegengewichte angebracht. Der Kolben ist mit dem vorderen Trunkende aus einem Stück hergestellt; das hintere Rohrende, das nur zur Führung dient, ist als besonderes Rohr auf den Kolbenkörper aufgeschraubt. Luftpumpe und Kondensator, die zugleich das Gewicht der Dampfzylinder im Schiff auszugleichen hatten, sind ineinander eingebaut. Die Pumpen liegen unten, sind doppeltwirkend und werden unmittelbar durch eine mit dem Dampfkolben verbundene Kolbenstange angetrieben, ebenso Speise- und Bilgepumpe. Als Luftpumpenventile dienen kleine Gummiplatten in der heutigen Ausführung. Gewöhnlich arbeiteten die Maschinen mit 6 Pfd./Qu.-Zoll (0,42 kg/qcm) Überdruck und machten 60 bis 80 Umdrehungen in der Minute.¹⁾

Eine große Rolle spielte die Trunkmaschine bei der englischen Flotte im Krim-Kriege. Die englische Marine war damals unerwartet gezwungen, eine große Anzahl Maschinen für Kanonenboote, die gerade für diesen Krieg als unumgänglich notwendig angesehen wurden, anzuschaffen. Man wandte sich an die englischen Schiffsmaschinenbauer und bestellte 124 Kanonenboote, von denen jedes mit 60 pferdigen Maschinen ausgerüstet werden sollte, die in kaum einem Jahr betriebsfertig sein mußten. Es zeugt von der Leistungsfähigkeit der damaligen Maschinenfabriken, daß der Auftrag ausgeführt werden konnte.

Die Maschinen lieferten Maudslay und Penn, und zwar 65 Maschinenpaare Penn und 59 Maudslay. Es waren alles Trunkmaschinen, alle von der gleichen Bauart; sie arbeiteten mit Hochdruck, 90 Pfd./Qu.-Zoll (6,3 kg/qcm) und ohne Expansion, hatten alle 21 Zoll (533 mm) Zylinderdurchmesser, 12 Zoll (305 mm) Hub. Da bis dahin die englische Marine kaum je über 25 Pfd./Qu.-Zoll (1,76 kg/qcm) Dampfdruck zugelassen hatte, so wurden 90 Pfd. als ganz unerhört angesehen. Nur die Notwendigkeit, bei den nichtgepanzerten Schiffen so kleine Maschinen zu erhalten, daß sie unter der Wasserlinie noch Platz finden konnten, hatte dieses Zugeständnis er-

¹⁾ s. Engineer 1897, Bd. II. S. 623.

zwungen. Als Kessel wurden hierbei zylindrische Kessel mit zylindrischer Feuerkammer und Rauchröhren, also Lokomotivkessel, angewendet.

Auch der damals größte Ozeandampfer „Himalaya“, 1850 erbaut, mit 4000 Tonnen Wasserverdrängung, hatte Pennsche Trunkmaschinen, die bei 84 Zoll (2134 mm) Zylinderdurchmesser und 42 Zoll (1,06 m) Hub 50 bis 60 Umdrehungen in der Minute machten. Sie arbeiteten mit einem Überdruck von 14 Pfd./Qu.-Zoll (0,98 kg/qcm).

In dem gleichen Jahre wurde auch das Kriegsschiff „Royal Albert“ mit Pennschen Trunkmaschinen ausgerüstet, die mit 20 Pfd. (1,4 kg/qcm) Überdruck und 69 Umdrehungen zusammen 1800 PS_i leisteten. Die Maschinen hatten 64 $\frac{1}{4}$ Zoll (1632 mm) Durchmesser und 40 Zoll (1,02 m) Hub.

Die größte wohl jemals gebaute Trunkmaschine besaß das 1860 erbaute englische Kriegsschiff „Warrior“. Die Zylinder hatten 104 $\frac{1}{4}$ Zoll (2648 mm) Durchmesser und 4 Fuß (1,22 m) Hub. Die Maschine arbeitete mit einem Dampfüberdruck von 20 Pfd./Qu.-Zoll (1,4 kg/qcm) und machte 60 Umdrehungen in der Minute. Bei der entscheidenden Probefahrt mit voller Kraft leistete sie bei 54 Umdrehungen 5470 PS_i. Das Schiff erreichte dabei eine Geschwindigkeit von 14,35 (26,6 km/st) Knoten. Der ruhige Gang der Maschine und ihre hohe Betriebssicherheit wurden sehr gelobt. Die Maschinen hatten 71875 £ gekostet.

Auch außerhalb Englands erwarb sich die Trunkmaschine Freunde und erlebte die mannigfachsten Ausführungen. Die in den französischen Marinewerkstätten zu Indret ausgeführten Trunkmaschinen glichen im allgemeinen der Pennschen Bauart. Ihnen war, wenigstens im Entwurf, eine recht verwickelte Expansionssteuerung zgedacht, die bei der Ausführung aber oft nicht zum Schaden der Maschine weggelassen wurde.¹⁾

Eine andere Anordnung der Trunkmaschine ließ sich Rennie gesetzlich schützen und führte sie bei dem ersten australischen Kriegsschiff „Viktoria“, das 1855 gebaut wurde, aus. Um noch besseren Gewichtsausgleich und einfachste Verbindung zwischen Zylinder und Kondensator zu haben, legte er je einen Dampfzylinder mit zugehöriger Luftpumpe und Kondensator nebeneinander, den zweiten gleichen Maschinensatz ihnen gegenüber, so zwar, daß je eine Luftpumpe und ein ihr gegenüberliegender Dampfzylinder mit seinen Schubstangen an einer Kurbel angriffen. Die Anordnung zeigen die Fig. 611 u. 612.

Luftpumpe und Dampfzylinder arbeiteten mit einem einfachen Trunk. Die von Penn eingeführte Durchführung des Trunks durch den hinteren Zylinderkastendeckel fiel hier also weg. Die Maschine wurde dadurch noch kürzer. Die Zylinder waren 41 Zoll (1041 mm) weit, der Kolbenhub betrug 32 Zoll (0,81 m); die Maschine arbeitete mit 82 Umdrehungen in der

¹⁾ s. Lédien, Appareils à vapeur de navigation, Paris 1862, worin auch auf Tafel 10 Abbildungen dieser französischen Trunkmaschine aus den 50er Jahren enthalten sind.

Minute und 20 Pfd./Qu.-Zoll (1,4 kg/qcm) Überdruck. Die Schieber lagen hier auf den Zylindern und wurden von Stephenson'scher Kulisse betätigt.¹⁾

Neben den Vorzügen hatte die Trunkmaschine sehr erhebliche Nachteile. Die Abkühlungsverluste im Zylinder waren durch die der Luft bei jedem Hub wieder ausgesetzten Trunkoberflächen sehr bedeutend. Auch die Abdichtung des Trunkes mit Hilfe der riesigen Stopfbüchsen war so schwierig, daß man sich eifrig nach anderen Bauarten umsah.

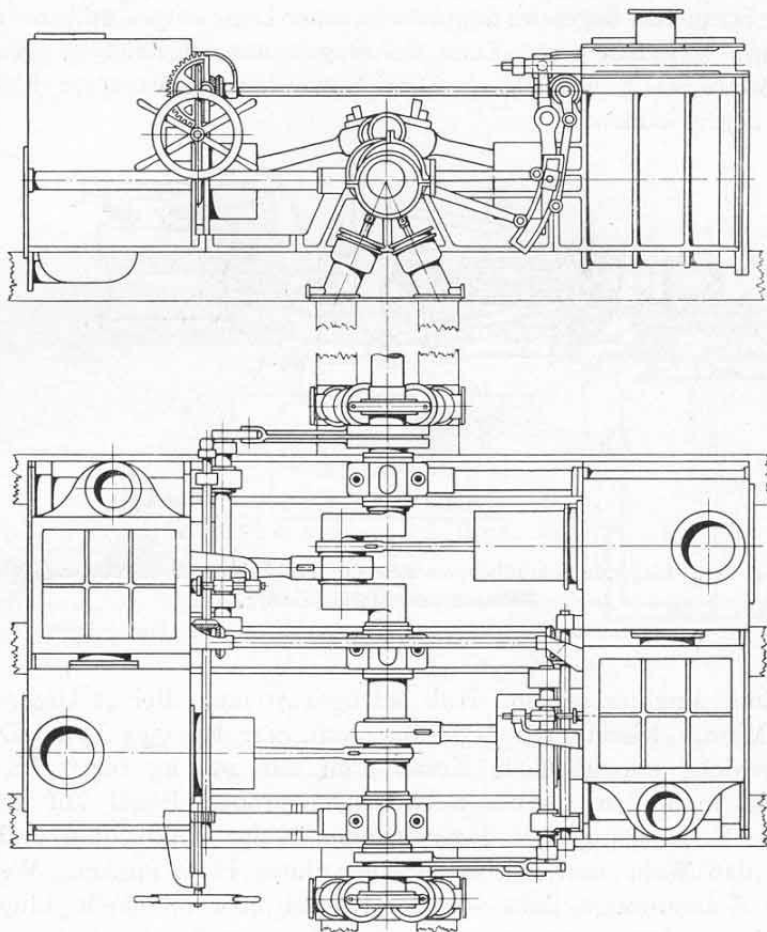


Fig. 611 und 612. Trunkmaschine von Rennie 1855.

(Nach Engineer 1898, Bd. I.)

c) Die liegende Maschine mit rückkehrender Schubstange.

Große Raumausnutzung wurde durch die liegende Maschine mit rückkehrender Schubstange erreicht, die es trotzdem noch ermöglichte, ausreichende Schubstangenlänge zu erhalten.

¹⁾ s. Engineer 1898, Bd. I, S. 253.

Keine Bauart der liegenden Schraubenschiffsmaschinen hat die gleiche Verbreitung gefunden. Ihrem Wesen nach sind sie nichts anderes als liegende Turmmaschinen, wie sie in stehender Anordnung schon von Fulton ausgeführt wurden (s. S. 634). In gleicher Weise führte sie auch Mazeline zuerst 1847 nach dem Entwurf von Ericsson für das Schiff „Pomone“ aus, Fig. 613.¹⁾ Nur sind hier zwei in einer Ebene senkrecht übereinanderliegende Kolbenstangen angebracht, die mit dem Bügel, in welchem die Schubstange liegt, verbunden sind. Die „Pomone“ war auch das erste Schiff mit liegender doppeltwirkender Luftpumpe, und zwar wurde die Pumpe von dem einen Ende des Bügels aus angetrieben. Auch war es das zweite Schiff, bei dem die Betriebsmaschinen ganz unter die Wasserlinie zu liegen kamen.²⁾

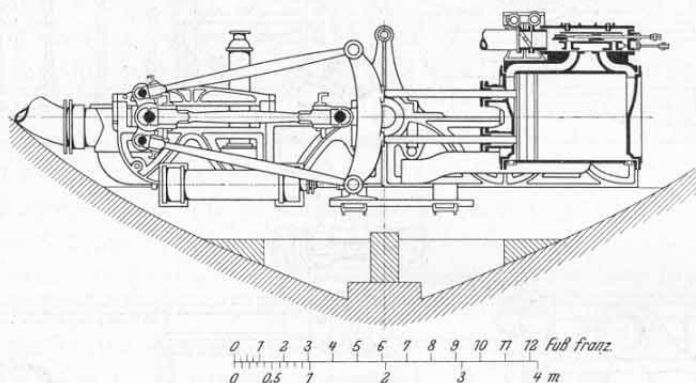


Fig. 613. Liegende Schraubmaschine mit rückkehrender Schubstange von Ericsson und Mazeline 1847.

(Nach de Fréminville, Machines à vapeur marines, Paris 1861.)

Zylinderdurchmesser und Hub betrug 1170 mm. Bei 41 Umdrehungen in der Minute leistete die Maschine nom. 227 PS (574 PS_i). Das Maschinengewicht einschließlich Kessel kam auf 292 kg für 1 PS_i. Bald aber gab man den hierbei notwendigen großen Bügel auf und versetzte die Kolbenstangen so gegeneinander in der Senkrechten und Wage-rechten, daß Welle und Kurbel zwischen ihnen Platz fanden. Wenn also die eine Kolbenstange links von der Kurbel über die Welle hinwegging, so lag die andere rechts von der Kurbel unter der Hauptwelle. Beide Stangen vereinigten sich dann in einem Kreuzkopf, der mit einem nach aufwärts und mit einem nach abwärts gerichteten Ansatz auf beiden Seiten ausgestattet war. Die Zylinder lagen nebeneinander und möglichst dicht an der Kurbelwelle. So war es möglich, mit sehr kurzen kräftigen Rahmen die Kurbellager starr mit dem Zylinder zu verbinden. Auf der anderen

¹⁾ Bourne, Screw propeller, London 1867, S. 391, nennt Holm als Erbauer.

²⁾ s. de Fréminville, Machines à vapeur marines, Paris 1861, S. 73.

Seite der Kurbelwelle, auch möglichst nahe aneinander gerückt, lagen Kondensator und Pumpe, neben, zwischen oder auch in denen die Geradföhrung eingebaut war. Diese wieder wurde ein-, zwei- oder auch viergleisig ausgeföhrt. Man ließ auch die Schubstange in einem Trunk angreifen, den man dann zugleich als Kolben für die Luftpumpe benutzte.

Den Schnitt durch eine Maudslay-Maschine mit rückkehrender Schubstange zeigt Fig. 614; sie gehörte zu einer Dreizylindermaschine eines russischen Kriegsschiffes (55 Zoll [1397 mm] Durchmesser bei 30 Zoll [0,76 m] Hub). Die Maschine mit drei nebeneinanderliegenden Zylindern, die auf drei unter 120° versetzte Kurbeln arbeiteten, fand zuerst in der französischen Marine Aufnahme und wurde dann von Maudslay übernommen. Die Bauart

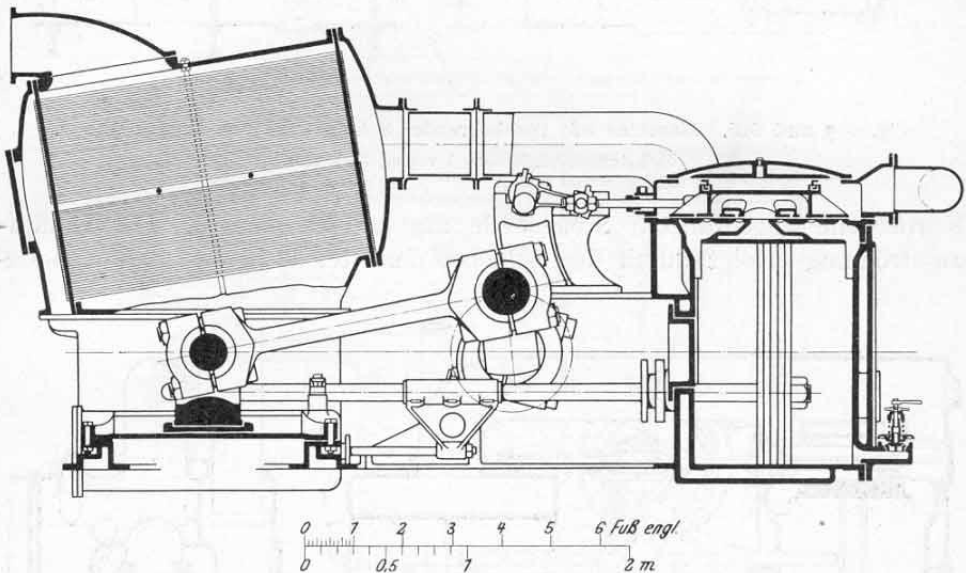


Fig. 614. Maschine mit rückkehrender Schubstange von Maudslay um 1860.

(Nach Burgh, Marin engineering, London 1867.)

hatte den Vorzug eines besseren Massenausgleichs, auch war es bei größeren Leistungen angenehm, drei kleinere statt zwei sehr große Zylinder verwenden zu können. Die Maschine, die aus dem Anfang der 60er Jahre stammte, hatte bereits Oberflächenkondensation. Die Zylinder waren sorgfältig mit Dampfmänteln umgeben und arbeiteten mit $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{6}$ Füllung. Der Dampfdruck betrug 25 Pfd./Qu.-Zoll (1,76 kg/qcm). In dem Schnitt ist die vornliegende Kolbenstange weggelassen. Die Geradföhrung ist eingeleisig.

Eine französische Konstruktion der Maschine mit rückkehrender Schubstange und Einspritzkondensation, Ende der 50er Jahre von Mazeline erbaut, zeigen die Fig. 615 u. 616. Das war die Bauart, die für die größten Kriegsschiffe der französischen Marine Anwendung fand. Die Maschinen leisteten bei

50 bis 51 Umdrehungen und 2,5 at Dampfdruck nom. 1000 PS. Die Zylinder hatten 2100 mm Durchmesser bei 1,3 m Hub. Die Dampfverteilung geschieht durch auf den Zylindern liegende Schieber, die von einer über der

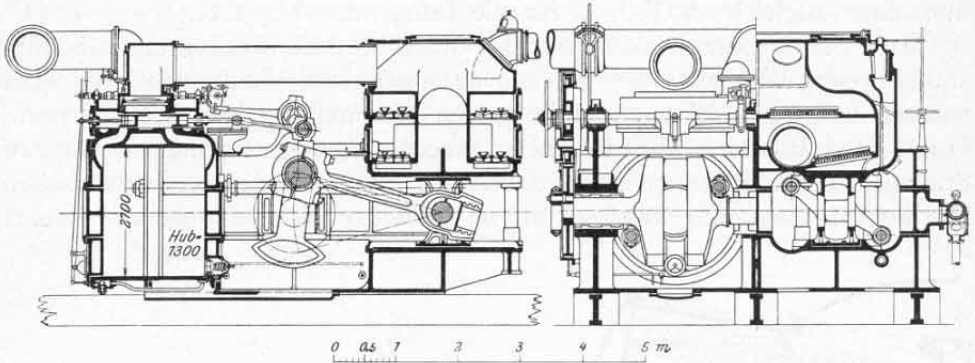


Fig. 615 und 616. Maschine mit rückkehrender Schubstange von Mazeline 1857.
(Nach Armengaud, Moteurs à vapeur, Paris 1861.)

Kurbelwelle angeordneten Steuerwelle aus bewegt werden. Die Dampfauströmung erfolgt durch den Schieber unmittelbar in das zum Kondensator führende Verbindungsrohr. Die Geradführung ist zwischen der Grundplatte und dem Kondensator eingebaut.¹⁾

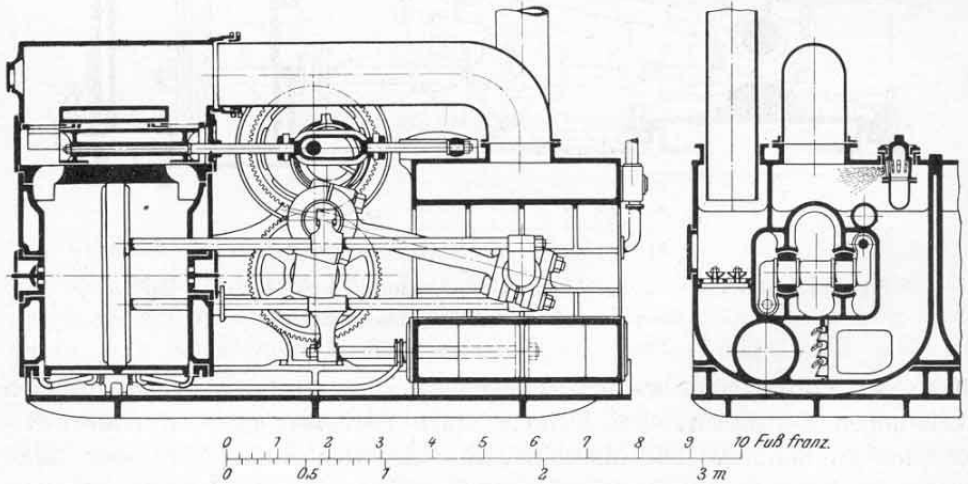


Fig. 617 und 618. Maschine mit rückkehrender Schubstange von Dupuy de Lôme 1855.
(Nach Ledieu, Appareils à vapeur de navigation, Paris 1862.)

sator führende Verbindungsrohr. Die Geradführung ist zwischen der Grundplatte und dem Kondensator eingebaut.¹⁾

¹⁾ Anfangs hatte Mazeline je einen Zylinder und Kondensator nebeneinander auf einer Wellenseite angebracht, ähnlich wie dies Rennie mit seinen Trunkmaschinen gemacht hatte (s. Fig. 611).

Eine französische Bauart, die auch bei Kriegsschiffen mehrfach Anwendung fand, rührt von Dupuy de Lôme her, Fig. 617 u. 618, sie wurde Mitte der 50er Jahre in den Werkstätten zu Toulon und Marseille für Kriegsschiffe von etwa 250 bis 900 nom. PS ausgeführt. Der Schnitt durch Geradführung und Kondensator zeigt, daß hier die viergleisige Gerad-

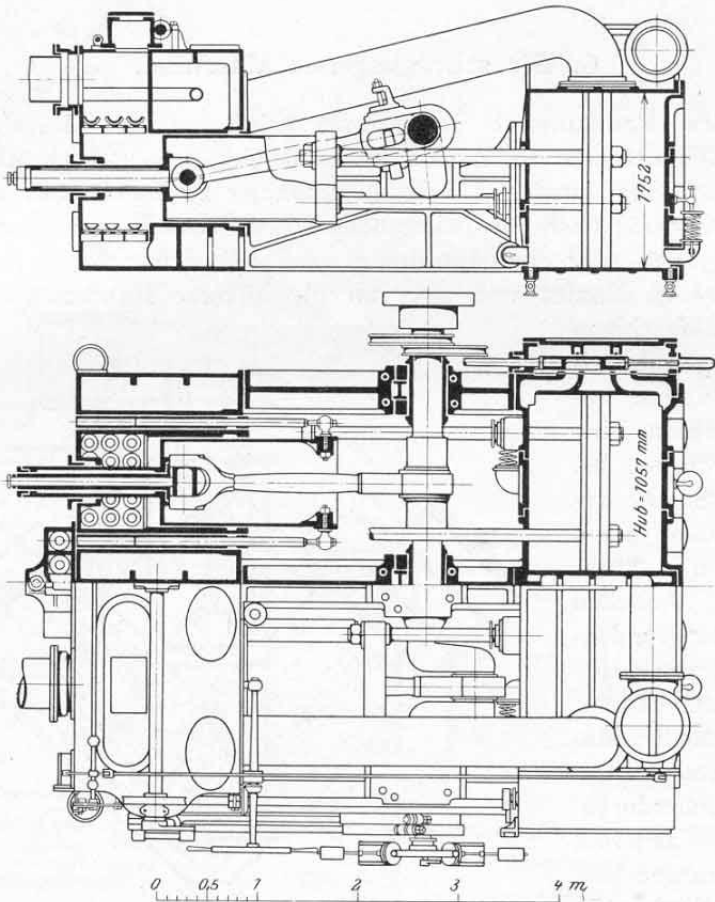


Fig. 619 und 620. Maschine mit rückkehrender Schubstange von Napier 1855.

(Nach Ledieu, Appareils à vapeur de navigation, Paris 1862.)

führung, von denen jede als Rundführung ausgeführt war, in den Kondensator selbst zum Schaden der Zugänglichkeit eingebaut war. Die Steuerungsanordnung ist ähnlich wie bei Mazeline. Der Antrieb und die Umsteuerung war recht verwickelt.

Eine Ausführung, bei der die Schubstange an dem als Plunger ausgebildeten hohlen Kolben der gegenüberliegenden Luftpumpe angreift, zeigen die Fig. 619 u. 620. Die Konstruktion rührt von Napier in Glasgow her,

der sie in den 50er Jahren vielfach für Handelsschiffe und Kriegsschiffe, und zwar in Größen von 60 bis 650 PS ausführte.¹⁾

In Frankreich erbaute Nillus ähnliche Maschinen, bei denen aber die hintere Trunkführung und Stopfbüchse weggelassen wurden.

C. Die schrägliegende Maschine.

Bei den Raddampfern hatte man schrägliegende Maschinen, bei denen die Zylinderachse durch die Kurbelwelle ging, angewendet. Die gleiche Bauart suchte man auch auf Schraubendampfer zu übertragen, bei denen die Zylinder schräg nach der tiefliegenden Schraubenwelle geneigt angeordnet waren. Fig. 621 zeigt eine Anordnung, wie sie der französische Konstrukteur Gäche in Nantes von 1853 an für kleinere Handelsdampfer ausführte. Die Maschinen

leisteten gewöhnlich 55 bis 60 PS; nur wenige erreichten eine Leistung von 100 bis 120 nom. PS. Die Zylinder bildeten einen Winkel von 90° zueinander; zwischen ihnen ist der Kondensator und die Luftpumpe angeordnet. Die dargestellte Maschine leistete bei 640 mm Zylinderdurchmesser, 0,56 m Hub, 64 Umdrehungen und 2 at Kesseldruck 50 bis 60 PS. Die Maschine wog nebst betriebsfertigem Kessel

33 t. Die Umdrehungszahl konnte, wenn erforderlich, auf 90 bis 100 gesteigert werden. Die Umsteuerung geschah durch Verstellen der Exzenter unter Benutzung eines Sperradgetriebes.

Bei noch kleineren Kräften ließ Gäche die Kondensation weg. Er arbeitete dann mit 3 at Dampfdruck und ließ die Maschinen (400 mm

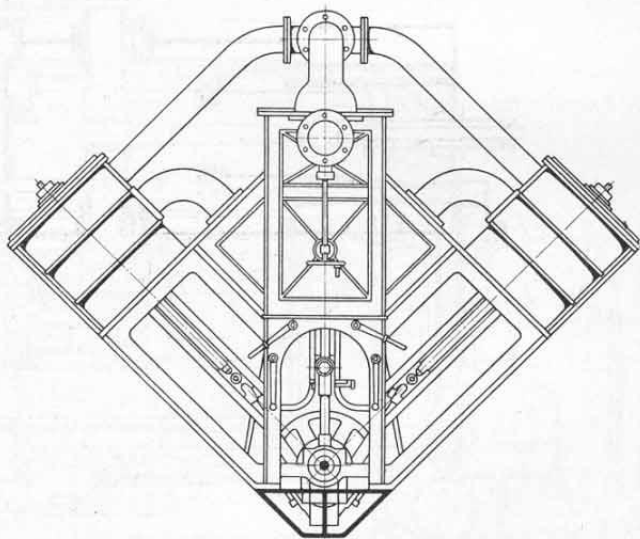


Fig. 621.

Schrägliegende Schraubenschiffsmaschine von Gäche 1853.

(Nach Armengaud, Publ. ind., Bd. X.)

¹⁾ s. Ledieu, Appareils à vapeur de navigation, Paris 1862.

Zylinderdurchmesser, 0,3 mm Hub) mit 158 Umdrehungen in der Minute laufen. Eine derartige Maschinenanlage mit Kessel kostete 24000 Fr.¹⁾

Auch der berühmte schwedische Ingenieur Carlsund baute schrägliegende Maschinen. Er erhielt dabei einen guten Dreiecksverband in das

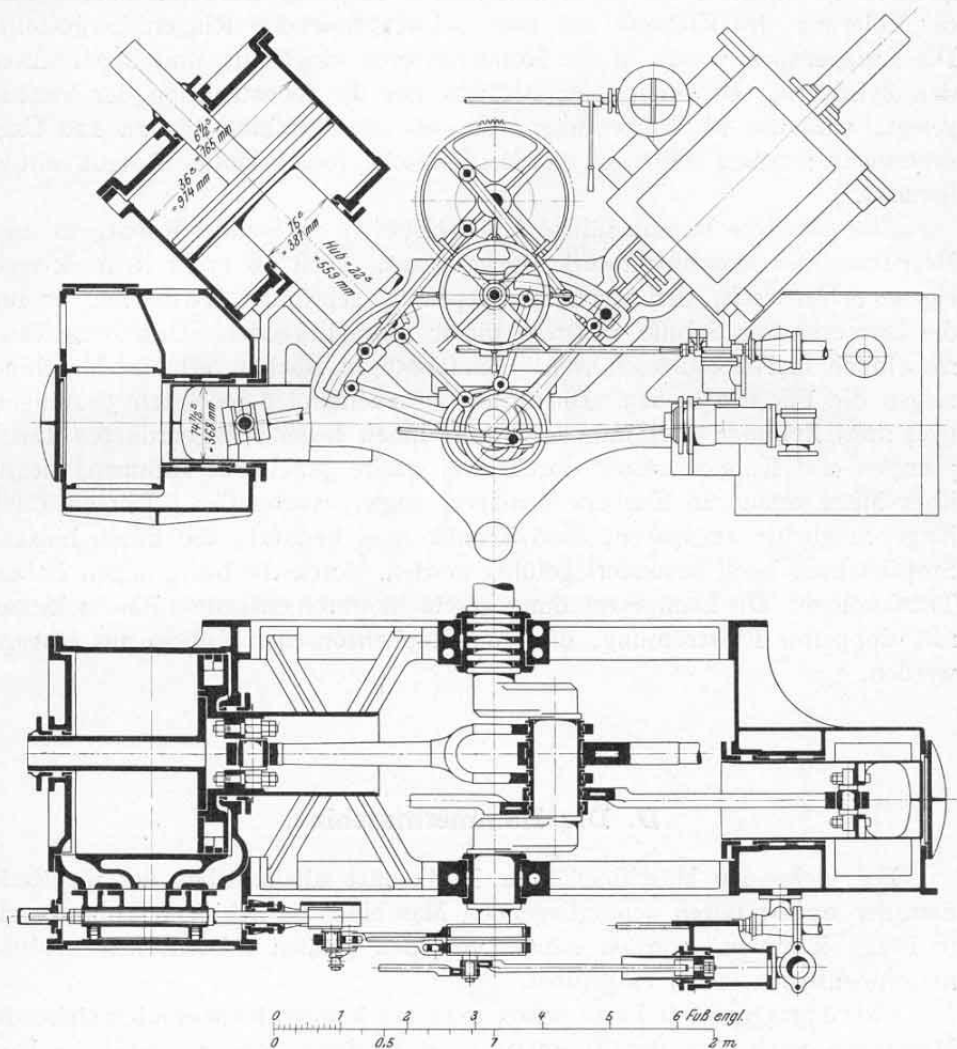


Fig. 622 und 623. Schraubenschiffsmaschine von Tischbein in Buckau 1856.

(Nach Originalzeichnung.)

Schiff und konnte auch die Schrauben möglichst tief legen. Die Kolbenstange wurde durch ein mit dem Gestell verschraubtes Führungslager gerade geführt; die Schubstange der einen Maschine war gegabelt und umfaßte die Kolbenstange; neben ihr auf dem Kurbelzapfen griffen zwei

¹⁾ s. Armengaud, Publ. ind., Bd. X, S. 110.

schmale Schubstangen, die zum gegenüberliegenden Zylinder führten, an. Der Zylinderdeckel war soweit vertieft, daß die Stopfbüchsen ganz darin Platz fanden, wodurch entsprechend an Baulänge gespart wurde. Der Kolben war ebenso ausgeführt, wie er später bei Lokomotiven vorkam und heute noch als „schwedischer Kolben“ auf seinen Ursprung hinweist; ebenso war die Liderung des Kolbens aus zwei selbstspannenden Ringen hergestellt. Die Luftpumpen waren in die Kondensatoren eingebaut und lagen unter den Zylindern. Besondere Sorgfalt war auf die Konstruktion der Ventile gelegt, was um so notwendiger war, als die Maschine bis zu 120 Umdrehungen machen sollte; es wurden konische, federbelastete Rotgußventile benutzt.¹⁾

Eine ähnliche Bauart führte A. Tischbein, ein Schüler Roentgens und Begründer der Maschinenfabrik Buckau, aus. Auch als er in Rostock eine eigene Schiffswerft, den heutigen „Neptun“, gegründet hatte, ließ er für die hier erbauten Schiffe mehrere dieser schrägliegenden Schraubenschiffsmaschinen in Buckau ausführen. Eine 1856 in Buckau erbaute Maschine zeigen die Fig. 622 u. 623. Die unter 90° zueinander geneigten 36 zölligen (914 mm) Zylinder sind mit den unter ihnen liegend angeordneten Luftpumpen und Kondensatoren durch zwei starke gußeiserne Rahmen, die in ihrer Mitte auch die Kurbelwellenlager tragen, verbunden. Um an Baulänge möglichst zu sparen, sind Trunkkolben benutzt, die durch hintere Stopfbüchsen noch besonders geführt werden. Auch die Luftpumpen haben Trunkkolben. Die Dampfverteilung geschieht durch entlastete Flachschieber mit doppelter Einströmung, die von Stephenson'scher Kulissee aus bewegt werden.

D. Die Hammermaschine.

Die stehenden Maschinen, die heute fast allein neben der für Rad-dampfer angewandten schrägliegenden Maschine als Schiffsmaschine noch in Frage kommen, wurden zuerst von den großen schottischen Schiffsmaschinenbauanstalten eingeführt.

Caird in Greenock hatte schon 1845 bei kleinen Kanalbooten stehende Maschinen nach Art der Maudslayschen Tischmaschine ausgeführt. Der Zylinder stand hier unmittelbar über der Kurbelwelle; die nach oben austretende Kolbenstange trug ein Querhaupt, von dem zwei Schubstangen zu beiden Seiten des Zylinders zur Kurbelwelle führten. Die Standfestigkeit dieser Maschine war aber sehr gering, und alles Absteifen gegen die Schiffswände, wodurch noch die Zugänglichkeit der ganzen Anlage sehr beeinträchtigt wurde, wollte wenig nützen.

¹⁾ s. Bourne, Screw propeller, S. 389.

Caird ging deshalb schon 1847 zu den direktwirkenden Maschinen über, die in England zuerst als „overhead-cylinder“, später als „inverted-cylinder“ oder auch kurz „direct acting engines“ bezeichnet wurden. Auf dem Kontinent bezeichnete man sie nach der äußeren Ähnlichkeit mit dem Nasmythschen Dampfhammer auch als „Hammermaschine“.

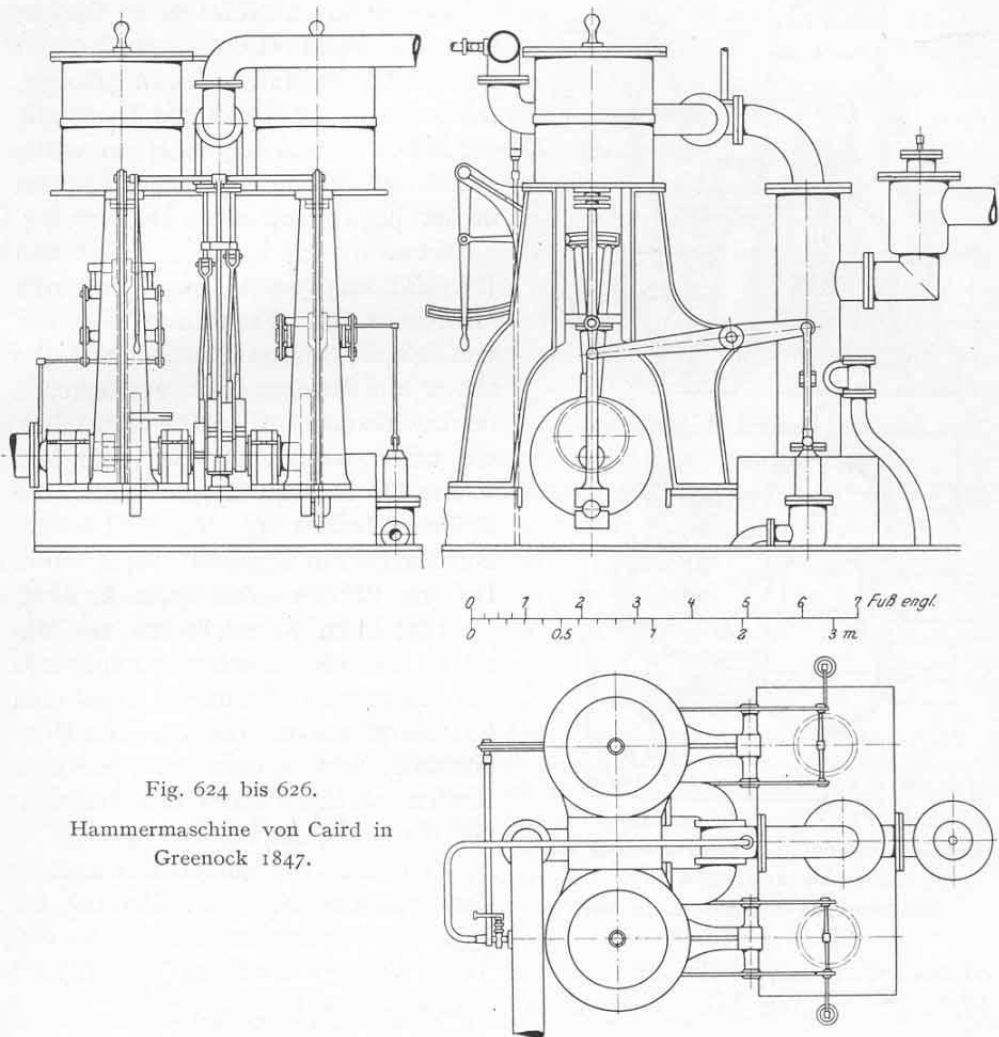


Fig. 624 bis 626.

Hammermaschine von Caird in
Greenock 1847.

Eine der ersten dieser Hammermaschinen zeigen die Fig. 624 bis 626. Es ist die Betriebsmaschine des von Caird in Greenock 1847 erbauten kleinen Dampfers „Northman“. Die beiden Zylinder von je 20 Zoll (508 mm) Durchmesser und 24 Zoll (610 mm) Hub werden von vier gleichen Rippenfußständen von Doppel-T-Querschnitt getragen. Die Schieber liegen zwischen den Zylindern und werden von Stephensonscher Kulisse bewegt. Kondens-

satoren und Luftpumpen sind neben der Maschine angeordnet. Die Pumpen (12 Zoll [305 mm] Durchmesser) werden mit im Gestell gelagerten Zwischenhebeln vom Kurbeltriebwerk aus bewegt. Bei 77 bis 80 Umdrehungen in der Minute und 6 bis 7 Pfd./Qu.-Zoll (0,49 kg/qcm) Überdruck leistete die Maschine 44 PS. Sie soll einschließlich Kessel 42 £ für 1 PS gekostet haben.

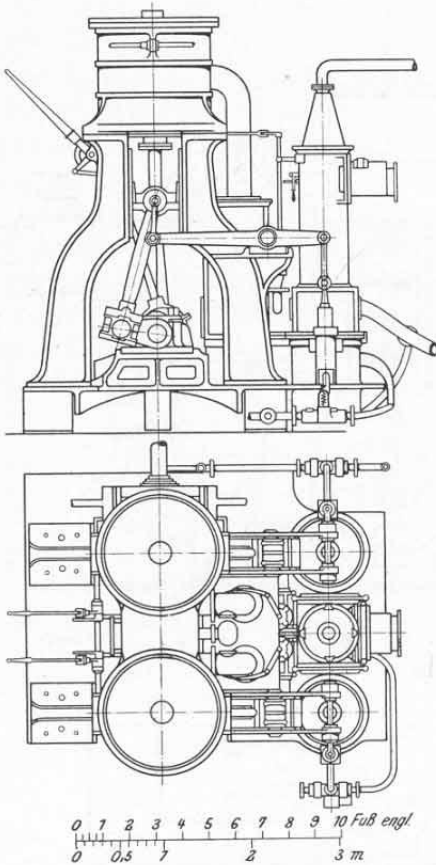


Fig. 627 und 628. Hammermaschine von Thompson in Glasgow 1856.

(Nach Bourne, Screw propeller, London 1867.)

dem großen schweizerischen Ingenieur John George Bodmer³⁾ in England anfangs der 40er Jahre entworfene „Compensating Engine“.

In einem ausführlichen Bericht über die Fahrt mit diesem Dampfer wird noch besonders hervorgehoben, „daß das Schiff durch die Bewegung der Maschine und Schrauben so wenig geschüttelt wurde, daß man bequem in der Kajüte schreiben konnte.“¹⁾

Ganz ähnlich waren die 1856 von J. & G. Thompson in Glasgow erbauten Maschinen der „Frankfurt“, Fig. 627 und 628, die Bourne auch noch 10 Jahre später als Muster einer vorzüglichen direktwirkenden Maschine hinstellte, die schon damals als die beste Maschine für Handelsdampfer galt. Die Zylinder hatten 44 Zoll (1118 mm) Durchmesser und 33 Zoll (0,84 m) Hub. Bei 16 Pfd./Qu.-Zoll (1,12 kg/qcm) Überdruck im Kessel leistete die Maschine 100 PS. Die Luftpumpe wird mit einem ungleicharmigen Hebel vom Kreuzkopf aus angetrieben. Der Kondensator, ein großer flachwandiger Kasten, steht zwischen den Ständern vor den Luftpumpen.²⁾

Eine außergewöhnlich interessante Konstruktion zeigen die Fig. 629 bis 633. Sie veranschaulichen die von

¹⁾ s. Seydell, Bericht über eine technologische Reise in England und Schottland im Jahre 1847. Verh. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbfl. in Preußen 1849.

²⁾ s. Bourne, Screw propeller, London 1867, S. 386.

³⁾ J. G. Bodmer wurde am 6. Dezember 1786 zu Zürich geboren. Seine Haupttätigkeit entfaltete er in England, das er 1816 zum ersten Male besuchte und wo er von 1824 bis 1828 und von 1833 bis 1848 lebte. Nach längerem Aufenthalte in Wien kehrte er 1860 nach seiner Heimatstadt Zürich zurück, wo er bei seinem Schwiegersohn Friedr. Reishauer wohnte. 79 Jahre alt, starb Bodmer am 29. Mai 1864; s. Memoir of J. G. Bodmer, Inst. Civil Engineer 1869.

Bodmer, der auf fast allen Gebieten des Maschinenbaues eine ganz hervorragende Erfindertätigkeit, deren Ergebnisse nur heute zumeist andere Namen tragen, entfaltet hat, beschäftigte sich auch eifrigst damit, schnelllaufende, wirtschaftlich sparsam arbeitende Maschinen zu bauen. Bei den hohen Geschwindigkeiten, die Bodmer vor allem auch bei Lokomotiv- und Schiffsmaschinen anwenden wollte, war auf sorgfältigem Massenausgleich besonders Rücksicht zu nehmen. Dieses Streben führte Bodmer zu der ihm durch mehrere Patente in den Jahren 1841 bis 1844 geschützten und für Lokomotiven 1844 bis 1846 auch ausgeführten Konstruktion der Maschine mit zwei gegenläufigen Kolben in einem Zylinder, die ihre Arbeit auf eine dreifach gekröpfte Kurbelwelle übertrugen. Das Streben nach möglichst geringem Wärmeverbrauch veranlaßte ihn, hohe Expansion anzuwenden. Hierzu entwarf er die verschiedensten Expansionssteuerungen. Nicht nur hatte er vor J. Meyer die Expansionsschieber mit rechtem und linkem Gewinde als Kolbenschieber ausgeführt, sondern er hat auch die als Rider-Schieber bezeichnete Abart in verschiedenen konstruktiven Ausführungen als geschlossenen und offenen Schieber 30 Jahre vor dem amerikanischen Ingenieur Rider angegeben.¹⁾

Ferner trat Bodmer sehr entschieden für hohen Druck ein, der nur allein Ausnutzung der Expansion ermögliche, und er verwarf allgemein bei den Dampfmaschinen jede Drosselregulierung, weil sie Verluste bringe. Um hohen Druck bei Schiffsmaschinen anwenden zu können, benutzte er Oberflächenkondensatoren. Gewöhnliche Luftpumpen waren bei der Umdrehungszahl, die Bodmer anwenden wollte, nicht zu gebrauchen. Er konstruierte deshalb ventillose Luftpumpen, wie sie später von Charles Brown noch weiter ausgebildet wurden.²⁾

¹⁾ Auch das „Sellers-Lager“ hat Bodmer lange vor Sellers in vorzüglicher Konstruktion ausgeführt. Ebenso finden sich vollkommen neuzeitige Reibungskuppungen in den Bodmerschen Patenten schon anfangs der 40er Jahre. Charles Brown, der den umgekehrten Weg wie Bodmer gemacht hat und als Engländer in der Schweiz seine großen Ingenieurwerke schuf, war ein begeisterter Verehrer Bodmers, den er zu den größten Ingenieuren aller Zeiten rechnete. Er selbst habe, wie er mir ausführlich mitteilte, vielseitige Anregungen aus Bodmers Patenten geschöpft, und immer wieder von neuem habe er den unerschöpflichen Ideenreichtum Bodmers bewundern müssen. Aber nicht nur auf dem Gebiete der Dampfmaschine, sondern auch vor allem im Bau von Werkzeugmaschinen und Spinnereimaschinen ist Bodmer hervorragend tätig gewesen. Wirtschaftliche Erfolge allerdings hatte er nicht aufzuweisen; er war in vieler Beziehung seiner Zeit zu weit voraus. Geistige Arbeit ohne materiellen Erfolg aber vergißt man nur zu leicht in der Technik. Bodmers Erfindungen tragen zumeist die Namen anderer, die nach ihm kamen, als das Bedürfnis den Konstruktionen günstig entgegenkam.

²⁾ Sie wird heute auch in Deutschland von vielen Firmen gebaut. In England beruhen die von Edwards ausgeführten Luftpumpen auf Bodmers Konstruktion. Abbildungen dieser Luftpumpen bringt unter anderem Strebel, Z. d. V. d. Ing. 1905, S. 1831. Brown machte mich zuerst darauf aufmerksam, daß seine Luftpumpe von Bodmer herühre, und daß die Edwardsche Konstruktion genau mit der Bodmers übereinstimme.

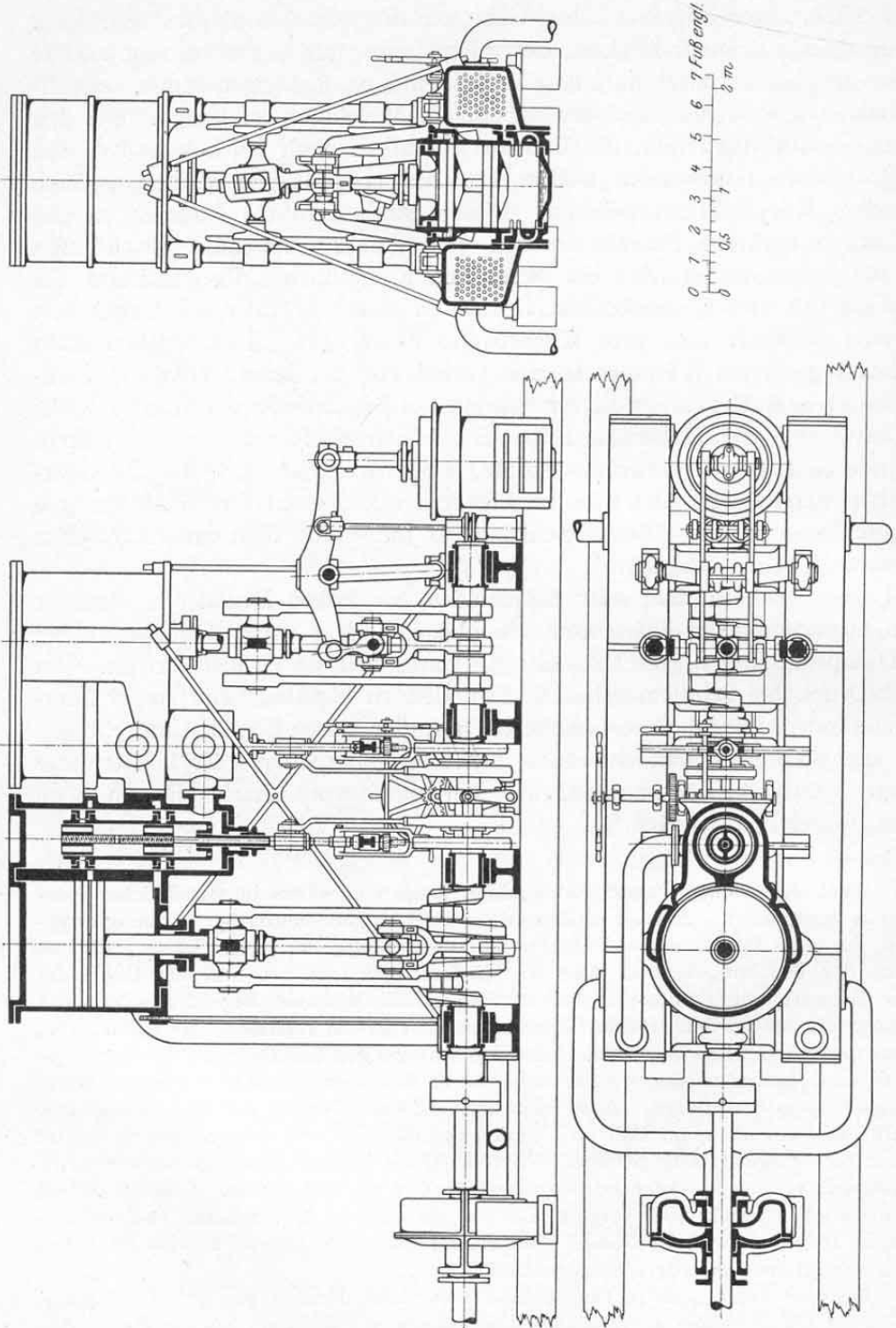


Fig. 629 bis 631. J. G. Bodmers „Compensating Marine Engine“ 1845.
(Nach Proceed. Instit. Civil Eng., London 1845.)

Die Gesamtanordnung der Maschine ist aus den Fig. 629 bis 631 zu entnehmen. Die Oberflächenkondensatoren liegen zu beiden Seiten der

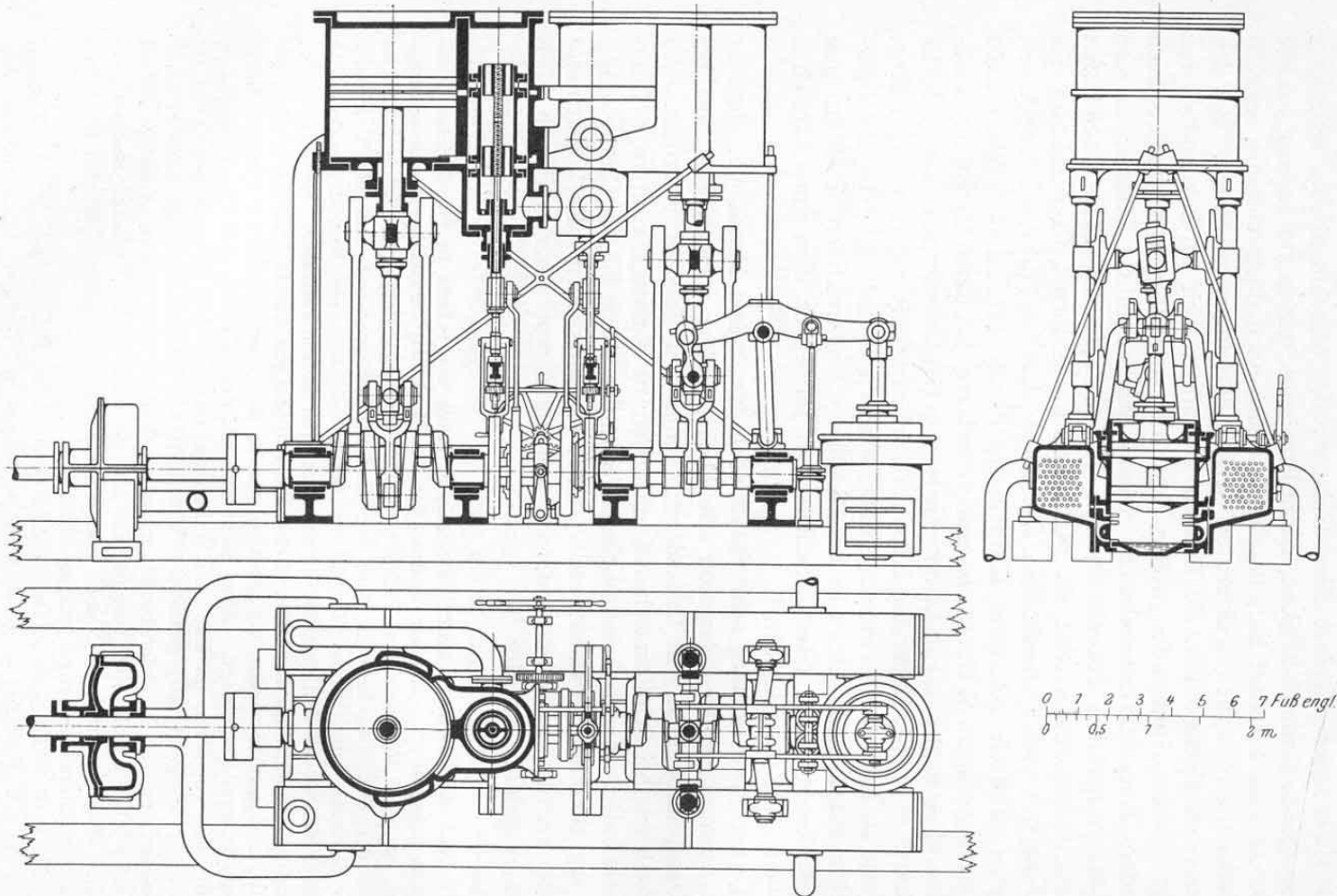


Fig. 629 bis 631. J. G. Bodmers „Compensating Marine Engine“ 1845.
(Nach Proceed. Instit. Civil Eng., London 1845.)

Maschine und bilden zugleich den Grundrahmen. Auf der einen Seite von der Maschine steht die Luftpumpe, auf der anderen eine Zentrifugalpumpe, die als Umlaufpumpe dient. Die Maschine hat zwei durch schmiedeeiserne Säulen getragene Zylinder mit je zwei gegenläufigen Kolben. Die Maschinen sollten zusammen bei 120 Umdrehungen in der Minute 300 PS leisten. Ein Dampfdruck von 40 Pfd./Qu.-Zoll (2,8 kg/qcm) Überdruck war zugrunde gelegt. Der Durchmesser des Zylinders betrug 51,6 Zoll (1311 mm), der ganze Hub 40 Zoll (1,02 m). Die Maschine sollte mit 15,8facher Expansion arbeiten. Den Kohlenverbrauch berechnete Bodmer zu 1,57 Pfd. für 1 PS-st.

Die Dampfverteilung dieser Maschine geschieht durch einen Kolbenschieber, der von einem Exzenter aus betätigt wird. Umgesteuert wird

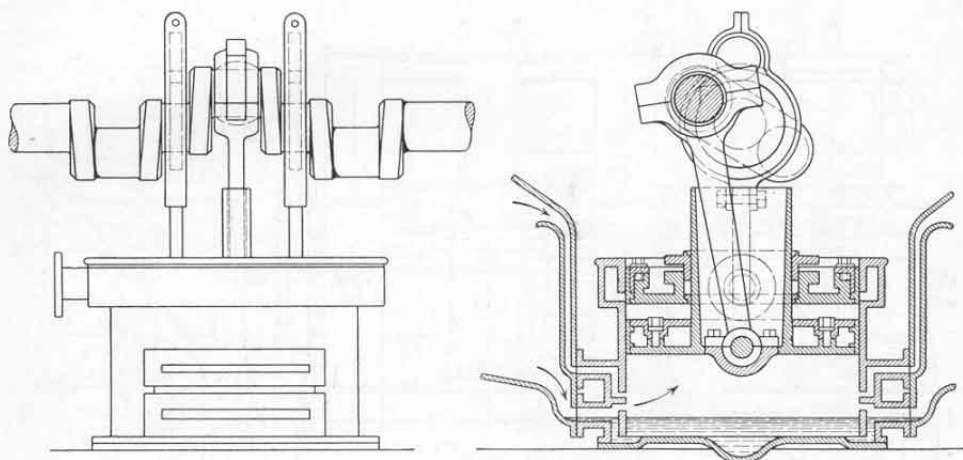


Fig. 632 und 633. Luftpumpe von Bodmer 1844.

(Nach Patentzeichnung Nr. 10 243 vom 3. Juli 1844.)

durch Verdrehen des Exzenterkörpers, was mittels Keil und schräger Nut sich erreichen läßt. Die Entfernung der beiden Expansionsschieberkolben kann mit Hilfe von rechtem und linkem Gewinde geändert werden; der Antrieb erfolgt durch ein besonderes Exzenter. Die Schieberstange ist durch die rohrartige Stange des Grundschiebers hindurchgeführt. Der Abdampf tritt in die beiden langen Röhrenkondensatoren ein. Die Röhren, die nach der Luftpumpe hin etwas geneigt sind, werden vom Kühlwasser, das in der Nähe der Luftpumpe eintritt, durchflossen. Die Luftpumpe, deren Antrieb aus Fig. 629 zu ersehen ist, während Fig. 630 den Schnitt zeigt, hat einen kegelförmig nach unten abgeschrägten Kolben und ein entsprechend ausgebildetes Kolbenventil, das mit Gummiringen elastisch gedichtet ist. Wenn der Kolben nach aufwärts geht, so kann Wasser und Luft durch die Schlitze unter dem Kolben in den Kondensator dringen. Beim Aufwärtsgang des Kolbens wird die Luft etwas zusammengedrückt.

Kolben und Wasserschicht berühren sich stoßfrei, Luft und Wasser dringen in den Kondensator zurück und stürzen, nachdem der Kolben in der untersten Stellung angekommen ist, durch die darüber befindlichen Schlitze in den luftleeren Raum, der sich zwischen dem oberen Kolbenventil und dem Kolben gebildet hat. Beim Abwärtsgang wird wieder die Luft komprimiert, das Kolbenventil, sobald der Druck über 1 at gestiegen ist, gehoben, so daß Wasser und Luft durch die obersten Schlitze in den ringförmigen Raum eintreten kann, von wo das Wasser zu kleinen Druckpumpen fließt, die es in den Kessel drücken.

Die erste Ausführung der Bodmerschen Luftpumpe zeigen nach der Patentzeichnung die Fig. 632 u. 633. Hier wird das obere Kolbenventil in der Weise, wie es die Figur erkennen läßt, noch besonders gesteuert. Im übrigen ist die Wirkung der Pumpe die gleiche wie vorher.¹⁾

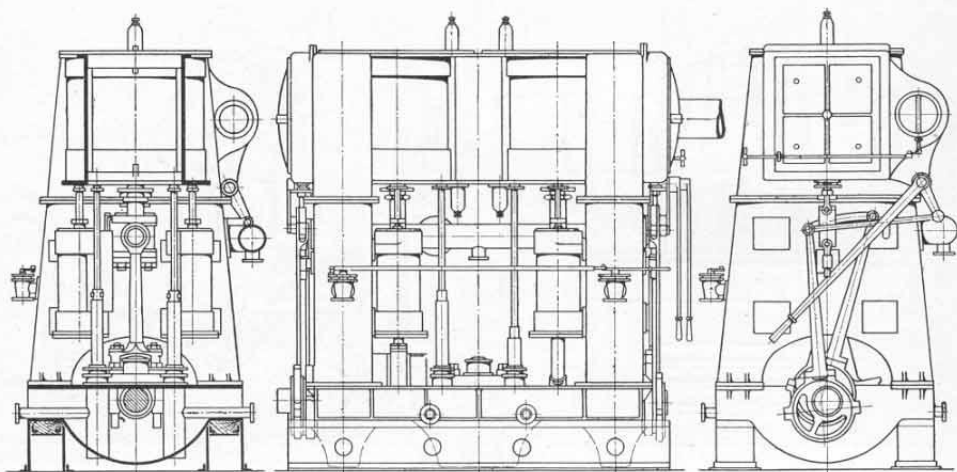


Fig. 634 bis 636. Hammermaschine von Humphrys 1857.

(Nach Engineer 1898, Bd. I.)

Stehende Maschinen von Humphrys 1857 für das Schiff „Germania“, das der allgemeinen Dampfschiffahrtsgesellschaft gehörte und zwischen London und Hamburg fuhr, erbaut, zeigen die Fig. 634 bis 636. Die Maschinen bestehen aus fünf Hauptteilen. Auf einer Grundplatte erheben sich zwei hohle gußeiserne Kästen, die als Zylinderstützen und zugleich als Kondensatoren dienen. Mit ihnen sind die beiden Zylinder von 36 Zoll (914 mm) Durchmesser und 18 Zoll (0,46 m) Hub, fest verbunden; seitlich von jedem Zylinder sind am Gestell zwei Luftpumpen angeschraubt, von denen eine zugleich die eingleisige Gleitbahn für den Kreuzkopf bildet. Diese sowohl als die Bilge- und Speisepumpe, die in der Grundplatte eingebaut sind, werden unmittelbar vom Kolben des Zylinders betrieben, so daß also

¹⁾ Ausführliches über die Bodmer-Maschine s. Bodmer, Proc. Inst. Civil Eng., London 1845. Ferner Patent Bodmers Nr. 10243. 3. Juli 1844.

jeder Zylinderboden nicht weniger als fünf Stopfbüchsen hat. Die Schieber sind außen angebracht und werden durch eine als Stangenkulisse ausgeführte Stephenson'sche Kulisse betätigt.

Humphrys lieferte eine ganze Anzahl solcher Maschinen, die sich die größte Zufriedenheit erwarben und vor allem durch kleinen Raumbedarf sich auszeichneten.¹⁾

Eine der ersten von Bourdon konstruierten französischen Hammermaschinen, wie sie in der großen Schiffsbauanstalt zu Marseille ausgeführt wurden, zeigen die Fig. 637 u. 638. Hier werden die Zylinder durch vier Säulen getragen, zwischen denen die viergleisigen Gleitbahnen angebracht sind. Die Luftpumpe wird wieder vom Kreuzkopf aus mit einem Zwischenhebel angetrieben; neben ihm steht der flachwandige Kondensatorkasten. Um eine kurze Baulänge der Maschine und leichtere Zugänglichkeit zu erhalten, sind hier die Schieber vorn an den Zylindern angebracht. Sie werden von einer vor der Maschine lagernden, von der Kurbelwelle aus durch Zahnräder angetriebenen Steuerwelle unter Benutzung der Stephenson'schen Kulisse bewegt. Die Maschine hat bei 1300 mm Zy-

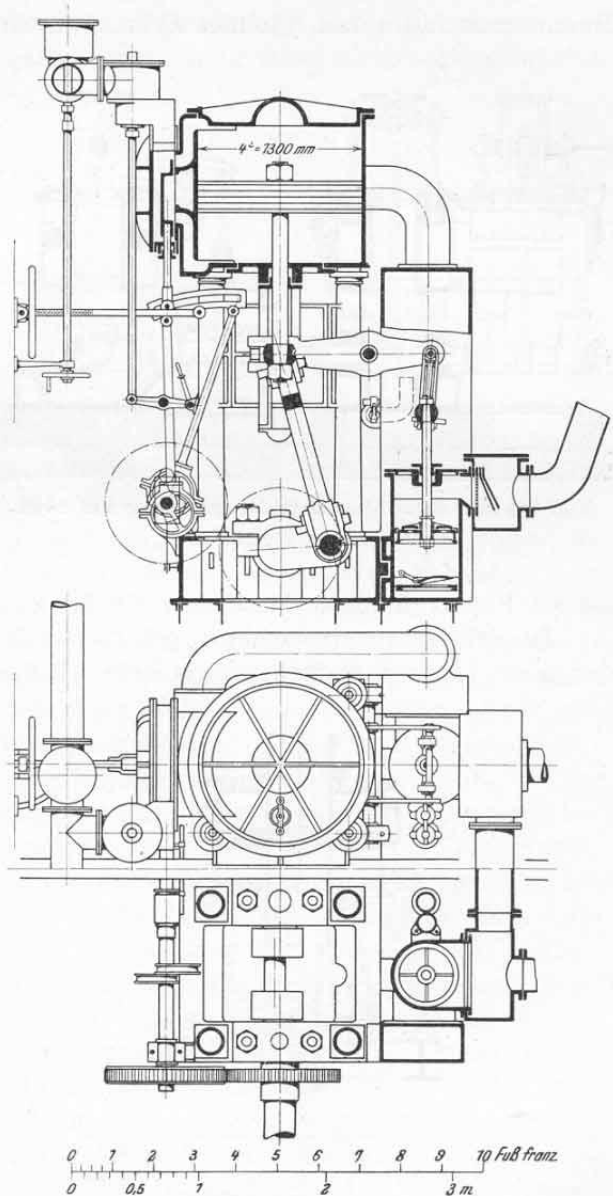


Fig. 637 und 638. Hammermaschine von Bourdon um 1855.
(Nach Ledieu, Appareils à vapeur, Paris 1862.)

¹⁾ s. Engineer 1898, Bd. I. S. 396.

linderdurchmesser 0,9 m Hub. Bei 52 Umdrehungen und 2 at Kesseldruck leistete sie 180 nom. PS.

Auch für kleine Kanonenboote wurden 1856 von der gleichen Firma Hammermaschinen mit 350 mm Zylinderdurchmesser und 0,3 m Hub ausgeführt, die mit 5 at

Kesseldruck ohne Kondensation arbeiteten und 192 Umdrehungen machten. In der Bauart und Steuerung ähnelten sie mehr den englischen Hammermaschinen.

Auch die anderen großen Firmen in Frankreich nahmen bereits Ende der 50er Jahre den Bau von Hammermaschinen auf, ebenso die Werkstätten von Cockerill in Seraing, die der englischen Bauart ähnliche Maschinen für Handelsschiffe vielfach ausführten.

Zu den Hammermaschinen gehörte auch die von Maudslay Ende der 40er Jahre mehrfach ausgeführte „Ringmaschine“, die sowohl für Schrauben- als Radantrieb gebaut wurden.

Eine Schraubenschiffsmaschine zeigen die Fig. 639 und 640.

Der ringförmige Kolben ist durch zwei Kolbenstangen mit dem über dem Zylinder liegenden Kreuzkopf verbunden, von dem aus die Schubstange durch den Zylinder hindurch zur unmittelbar darunterliegenden Kurbelwelle führt. Die Dampfverteilung geschieht

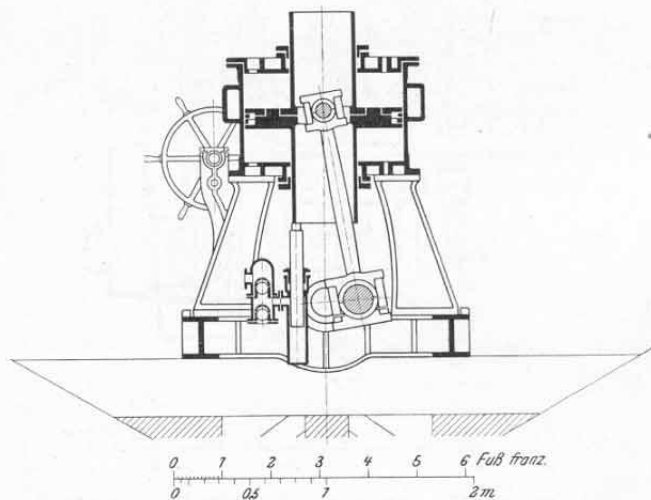


Fig. 641. Stehende Trunkmaschine 1855.

durch seitlich außen angebrachte kurze Muschelschieber und Kulisse. Die Maschine bildete ein in sich geschlossenes Ganze und besaß große Steifigkeit. Der ringförmige Kolben aber mit seiner doppelten Liderung

bewährte sich auch hier nicht und so wurde diese Bauart bald wieder aufgegeben.¹⁾

Auch als Trunkmaschine wurde die Hammermaschine zuweilen gebaut, wie Fig. 641 erkennen läßt, die einen Schnitt durch die 100pferdige Betriebsmaschine des 1858 in Cherbourg erbauten französischen Kriegsschiffes „De la Somme“ darstellt.²⁾

E. Die rotierende Schiffsmaschine.

Auch rotierende Maschinen sind mehrfach als Schiffsmaschinen versucht wurden, doch stets ohne bleibenden Erfolg. Die Gründe dafür lagen in der zu geringen Krafterleistung und in den konstruktiven Schwierigkeiten, die hier sich ebensowenig als bei den Landmaschinen überwinden ließen. Am meisten Beachtung fand bei Schiffsmaschinen noch die Scheibenmaschine, die auch in der Bishopschen Ausführung von Rennie gebaut wurde.³⁾

Auch Ericsson hat eine sog. halbrodierende Maschine konstruiert, die 1843 von amerikanischen Ingenieuren für das Kriegsschiff „Princeton“ ausgeführt wurde.

Der Grundgedanke zu dieser Maschinenbauart findet sich bereits in den Wattschen Patenten angegeben. Die Maschine, Fig. 642 u. 643, besteht aus zwei Halbzylindern, in denen ein Kolben, wie eine Tür in der Angel, durch den Dampf hin- und herbewegt wird. Dieser rechteckige Kolben macht also um die Kolbenstange pendelnde Schwingungen, die durch eine Schubstange in entsprechender Weise auf die Kurbelwelle übertragen werden. Die Kolben werden durch eingelegte, von Federn an die Wandung gepreßte Metallstäbe gedichtet. Die Dampfverteilung geschieht wie bei gewöhnlichen Maschinen durch Schieber. Die Luftpumpen sind stehend an dem einen Maschinenende angeordnet und werden von der schwingenden Kolbenstange aus durch Hebel und Schubstange angetrieben. Der Zweck dieser Maschinenanordnung war, unter allen Umständen mit der ganzen Maschinenanlage unter die Wasserlinie zu kommen, um auch bei ungepanzerten Schiffen einen Schutz gegen feindliche Geschosse zu haben. Der „Princeton“ war das erste Kriegsschiff mit unter Wasser liegenden Maschinen.

In zweiter Linie wollte Ericsson größere Umdrehzahl erreichen, ohne große hin und her gehende Massen zu haben, weil man vielfach damals die Ansicht vertrat, daß große Massen mit hin und her gehender Bewegung bei höherer Umlaufzahl die Maschine sehr schnell zerstören

¹⁾ s. Engineer 1897, Bd. II, S. 448.

²⁾ s. de Fréminville, Machines à vapeur marines, Paris 1861.

³⁾ s. Bourne, Screw propeller, London 1867, S. 391.

würde. Die Maschinen waren lange Zeit in Betrieb und sollen sich gut bewährt haben.¹⁾

Von weiteren Ausführungen ist nichts bekannt. Die Leistung derartiger Maschinen war zu gering, um den gesteigerten Ansprüchen genügen

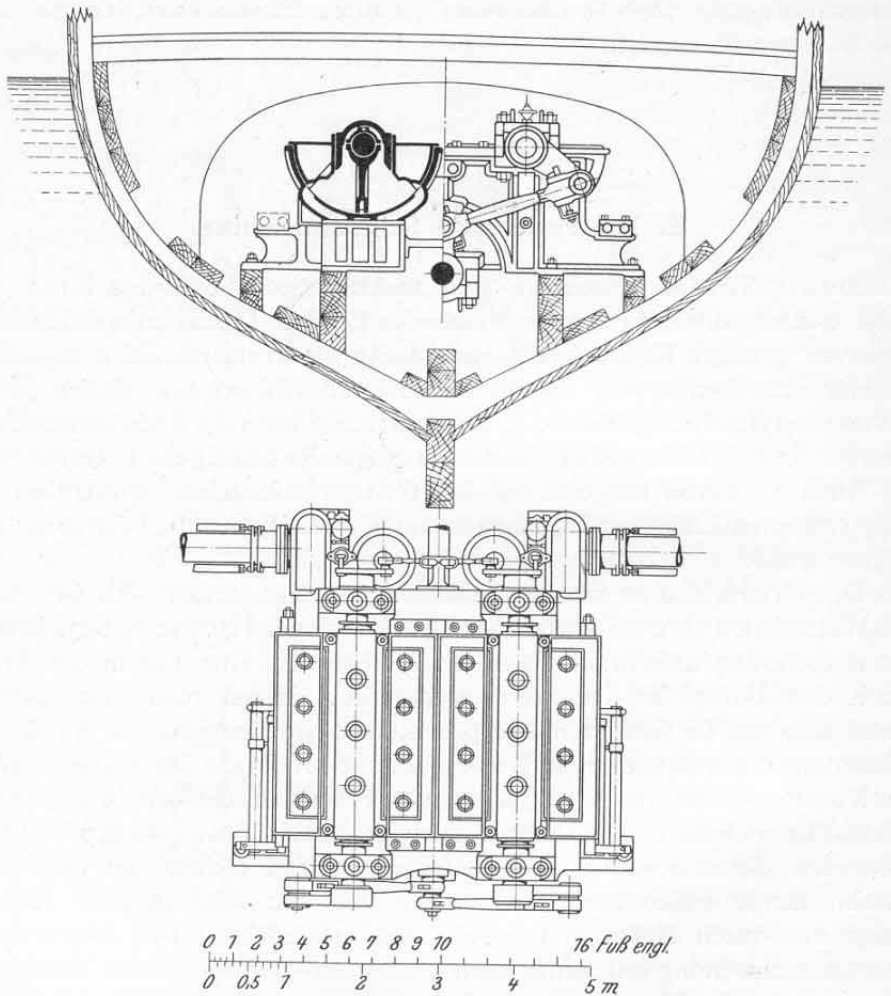


Fig. 642 und 643. Maschine des amerikanischen Kriegsschiffes „Princeton“ von Ericsson 1843.

(Nach Bourne, Screw propeller, London 1867.)

zu können. Die normale Kolbenmaschine bot in konstruktiver Beziehung wesentliche Vorteile, besonders was die Kolbenliderung anbelangte, die bei dem rechteckigen Kolben der „Princeton“-Maschine sich nur schwer erreichen ließen.

¹⁾ s. Ledieu, Appareils à vapeur de navigation, Paris 1862, Bd. I, S. 552. Welche Beachtung man dieser Bauart noch Ende der 60er Jahre schenkte, zeigt, daß auch Bourne in seinem großen Werke „The screw propeller“, S. 337, die Maschine bespricht und auf besonderen Tafeln genau darstellt.

F. Schiffsmaschinen für Zweischraubendampfer.

Schon frühzeitig wurde versucht, Schiffe auch mit zwei nebeneinanderliegenden Schrauben auszuführen. Man wollte hierdurch zunächst größere Geschwindigkeit erreichen. Die Vorteile des besseren Manövrierens mit zwei unabhängig voneinander getriebenen Schrauben kam anfangs noch nicht in Betracht; deshalb genügte es auch, nur ein Maschinensystem anzuwenden und die beiden Schrauben durch Zahnräder miteinander zu kuppeln. Eine derartige Bauart mit einer Einzylindermaschine, wie sie in ihrer Grundform bereits Cartwright 1797 angegeben hatte, führte in den 50er Jahren Ericsson in Amerika für kleinere Boote und Kanalschiffe vielfach aus.

Eine solche 16pferdige Maschine von 400 mm Zylinderdurchmesser und 0,5 m Hub zeigen die Fig. 644 und 645. Die Maschine hat nur einen Zylinder; die Kolbenstange trägt ein Querhaupt und die von hier ausgehenden Seitenstangen wirken als Schubstangen auf zwei noch durch Zahnräder miteinander verbundene Wellen, die sich in entgegengesetzter Richtung umdrehen. In gleicher Weise werden die Luftpumpen von den Kurbelwellen aus angetrieben.

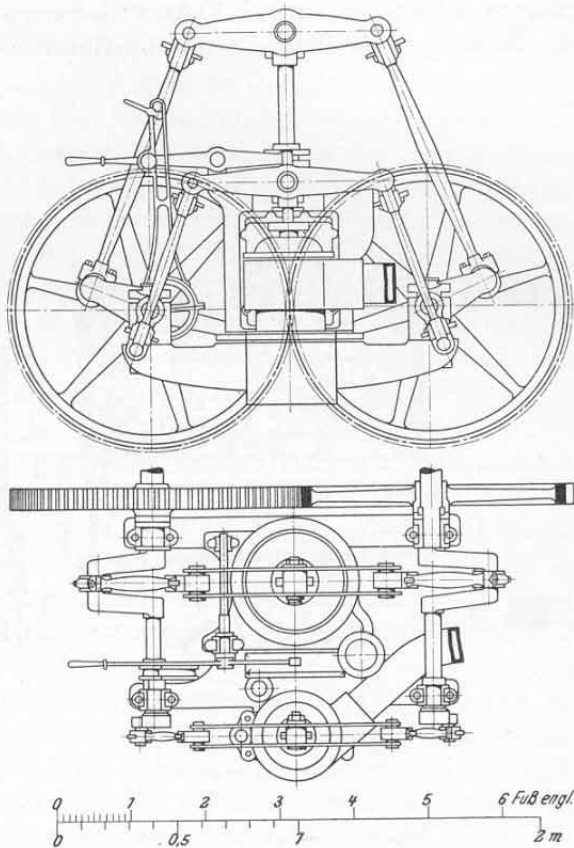


Fig. 644 und 645. Ericssons Zwischenschraubenmaschine, Amerika um 1850.

(Nach Bourne, Screw propeller, London 1867.)

In England wurde diese Maschine meist mit Hochdruckdampf betrieben und die Kondensation weggelassen, so daß damit allerdings eine sehr große Einfachheit sich erreichen ließ.

Große Beachtung gewann erst das Zweischraubenschiffsystem, als man seine Bedeutung für die schnelle Manövrierfähigkeit der Kriegsschiffe erkannte. Das war zuerst 1861 in dem Kriege der Nord- und Südstaaten Amerikas der Fall, wo die von England für beide kriegführende Teile

gelieferten Zweischaubenschiffe, bei denen jede Schraube von einer besonderen Maschine angetrieben wurde, die größten Erfolge beim Durchbrechen der Blockade und Wegnehmen der Handelsschiffe aufweisen konnten. Den Einschraubenschiffen mit ihren noch oft sehr langsamen, schwer zu bedienenden Steuerungen gelang es nie, einen Zweischaubendampfer zu nehmen. Der Zweischaubendampfer konnte, da er nur mit einer Schraube arbeiten oder beide entgegengesetzt laufen lassen konnte, sehr schnell und sicher wenden. Man wandte zunächst dagegen ein, daß durch zwei getrennte Maschinen zu viel Platz verloren ginge; aber das kam für Kriegsschiffe weniger in Betracht als für Handelsschiffe.

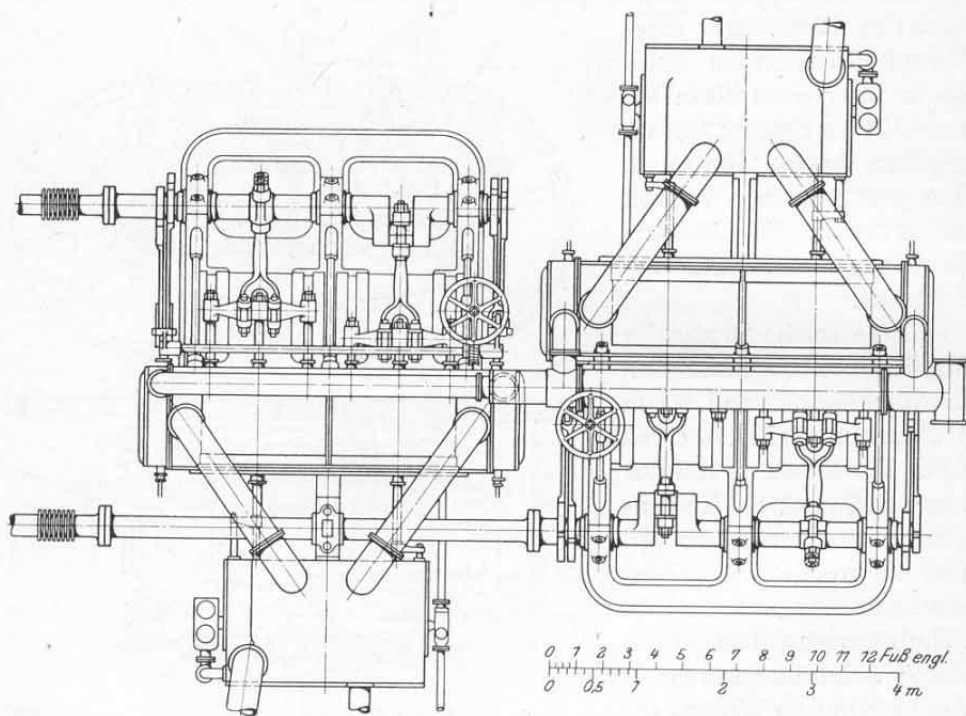


Fig. 646. Liegende Zweischaubenmaschine von Dudgeon 1860.

(Nach Engineer 1898, Bd. I.)

Dieses neue System mit getrennten Maschinenanlagen wurde zuerst von J. & W. Dudgeon 1861 angewandt. Dudgeon baute ein 150 Fuß (45,7 m) langes eisernes Schiff und setzte zwei Maschinen von zusammen 120 PS hinein; der Zylinderdurchmesser war 660 mm, der Hub 21 Zoll (0,53 m). Bei den Versuchen arbeitete man mit Dampfdruck von 23,5 Pfd./Qu.-Zoll (1,64 kg/qcm) und mit 115 Umdrehungen in der Minute. Besonders überraschten die Drehmanöver dieses Schiffes, die im November 1862 in der Themsemündung gemacht wurden. Das Schiff wurde nach den Versuchen sofort an die Vereinigten Staaten von Nordamerika verkauft. Mit ihm gelang es, neunmal

hintereinander die Blockade zu durchbrechen. Neun ähnliche Schiffe wurden sofort bei der Firma bestellt und leisteten im amerikanischen Kriege als „Blockaderenner“ die wertvollsten Dienste. Die neuen Schiffe waren etwas größer (200 Fuß lang) und die Maschinen hatten zusammen 200 nom. PS; sie liefen mit 14,138 Knoten (26 km/st) und galten damals als die schnellsten Schraubenschiffe.

Fig. 646 zeigt die interessante Maschinenanordnung dieser Schiffe, die Dudgeon auch in den meisten seiner anderen Zweischraubenschiffe anwandte. Die Maschinen sind vollkommen voneinander unabhängig; es sind direktwirkende liegende Woolfsche Maschinen. Jede Maschine besteht also aus vier Zylindern, und zwar sind die Hochdruckzylinder in die Niederdruckzylinder eingebaut. Die Niederdruckkolben mit zwei, der Hochdruckkolben mit einer Kolbenstange, sind durch ein gemeinsames Querhaupt, von dem aus die Schubstange zur Kurbel führt, miteinander verbunden. Das Maschinengestell mit den Hauptlagern besteht aus einem ganz aufliegenden soliden, mit den Zylindern fest verschraubtem Rahmen. Die Dampfverteilung geschieht durch seitlich angeordnete Schieber, die durch Kulissen bewegt werden; die doppeltwirkenden Luftpumpen sind in die hinter den Maschinen angeordneten Kondensatoren eingebaut; sie werden unmittelbar durch die verlängerte Kolbenstange des Hochdruckzylinders angetrieben.

Nach den guten Erfolgen dieser Schiffe wurden auch von der britischen Marine Ende 1863 mit einem kleinen Boote Versuche angestellt. Die Maschine leistete bei 92 Umdrehungen und 60 Pfd./Qu.-Zoll (4,2 kg/qcm) Dampfdruck nur 3 nom. PS (Zylinderdurchmesser 4 Zoll [102 mm], Hub 6 Zoll [152 mm]). Die Drehversuche mit diesem kleinen Schiffe waren so überzeugend, daß Dudgeon den Auftrag erhielt, auch für die englische Marine Zweischraubenschiffe zu bauen.¹⁾

Auch andere Firmen begannen jetzt Zweischraubenschiffsmaschinen zu bauen. Die Schwierigkeit war, die Maschine in dem schmalen Schiffsraum unterzubringen. Maschinen mit rückkehrender Schubstange wurden, weil sie am kürzesten sich bauen ließen, bevorzugt, und zwar ordnete man sie vielfach so an, daß in der Mitte des Schiffes die Kondensatoren und Pumpen lagen und die Zylinder sich daran anschlossen.²⁾

¹⁾ s. Engineer 1898, Bd. I, S. 526.

²⁾ s. Burgh, Marine engineering, London 1867, S. 74.

4. Übersicht über die Entwicklung der Steuerung.

A. Steuerungsorgane. Allgemeines.

Die Steuerung der Schiffsmaschine knüpfte zuerst vollkommen an die der Landmaschine an. Sowohl Ventile wie Schieber wurden bei den ersten Schiffsmaschinen benutzt. Auch Umsteuerungen kannte man bereits von den Fördermaschinen her.

Die Ventilsteuerung mit einfachen Tellerventilen, später mit entlasteten Doppelsitzventilen, hat im amerikanischen Schiffsmaschinenbau die weiteste Verbreitung gefunden. Die Steuerung dieser ersten Ventilschiffsmaschinen war der Ventilsteuerung der bekannten Wasserhaltungsmaschine nachgebaut; vom auf- und niedergehenden Steuerbaum wurden die Ventile durch Anschlaghebel bewegt. Die Verbesserungen, die diese Ventilsteuerung durch Stevens erfahren hatte, ist bereits im Zusammenhang mit den amerikanischen Balanciermaschinen ausführlich besprochen worden; ebenso die Auslösesteuerung von Sickles, die als erste auslösende Klinkensteuerung besonderes Interesse verdient (S. 643). Die Ventilmachine blieb auf die amerikanischen Raddampfer beschränkt. Außerhalb dieses Wirkungskreises hat sie nur ausnahmsweise hin und wieder Verwendung gefunden. So z. B. wurde sie von Waltjen in Bremen 1855 für die Oberweserdampfer „Werra“ und „Fulda“ angewendet. Auf den Zylindern dieser schrägliegenden Maschinen waren nebeneinander vier Glockenventile angeordnet. In der Mitte lagen die Auslaß-, nach außen hin je ein Einlaßventil. Von einer zur Zylinderachse parallelen Steuerachse, durch konische Zahnräder von der Kurbelwelle aus betätigt, wurden sie mit unrunder Nocken, die für Vorwärts- und Rückwärtsgang entsprechend eingerichtet waren, und Zwischenhebeln angetrieben. Die Steuerung zeichnete sich den damals üblichen Steuerungen gegenüber durch große Einfachheit aus; durch einfaches Verschieben der unrunder Nocken auf der Steuerwelle, was mit einem Handhebel leicht zu erreichen war, konnte die Maschine umgesteuert werden.¹⁾

Auch auf vom Vulcan 1857 gebauten Schleppern finden sich derartige Ventilsteuerungen.

Der Hauptvorzug lag in der leichten und einfachen Bedienung. Statt zwölf Handgriffen bei den alten Steuerungen waren hier nur zwei zu bedienen. Man ging deshalb daran, alte Maschinen mit dieser Ventilsteuerung auszurüsten. Ende der 50er Jahre brachte man sie auch bei Maschinen mit stehenden Zylindern an. Die Ventilsitze konnten hier ohne weiteres wagenrecht gelegt werden; man vermied dadurch den Übelstand, der sich bei den schrägen Zylindern mit schrägliegenden Ventilsitzen sehr bemerkbar machte,

¹⁾ s. Busley, Z. d. V. d. Ing. 1891, S. 777—779, und Prechtls techn. Encycl., Suppl. 1859, Taf. 54.

daß die durch ihr Gewicht niederfallenden Glocken mit dem oberen Rande zuerst aufschlugen und undicht wurden.¹⁾

Es wurde also auf die Schiffsmaschine die bei den Fördermaschinen ausführlich besprochene Knaggensteuerung ihrer leichten Umsteuerbarkeit wegen übertragen. Diese Ventilsteuerungen wurden aber bald wieder verlassen. Man konnte sich mit dem Ventil als Verteilungsorgan bei Schiffsmaschinen nicht befreunden. Vor allem wollte man von dem kraftschlüssigen Steuerungsantrieb nichts wissen. Man blieb bei der Schiebersteuerung und lernte es, sie auch mit Rücksicht auf leichte und schnelle Bedienung zweckmäßig auszugestalten.

Anfangs waren besonders die D-Schieber sehr beliebt; sie waren entlastet und ließen sich leicht am Zylinder anbringen und bequem unter Zwischenschalten eines Winkelhebels durch Exzenter von der Kurbel aus antreiben. Sie wurden als sog. lange und auch als kurze D-Schieber verwendet.

Neben dem D-Schieber verbreitete sich der gewöhnliche Flachschieber, bei dem in verschiedenster Weise mehr oder minder vollständige Druckentlastung angestrebt wurde, weil ohne sie die oft riesigen Schieber nicht mehr von Hand bewegt werden konnten. Meistens wurde Entlastung durch Abschluß der Schieberrückfläche erreicht. Der Schieber wurde hier mit seinem Rücken gegen den Schieberkastendeckel abgedichtet. Der durch diese Abdichtung gebildete Entlastungsraum war gewöhnlich mit dem Kondensator verbunden. Anfangs begnügte man sich, durch ein Loch in der Rückwand des Schiebers den Entlastungsraum mit dem Ausblaseraum des Schiebers und dadurch mit dem Kondensator zu verbinden. Bei dieser allerdings sehr einfachen Einrichtung konnte der Dampf, wenn die Entlastung undicht war, aus dem Schieberkasten direkt in den Kondensator strömen; man hatte dann nicht nur Dampfverlust, sondern auch schlechtes Vakuum und dazu noch eine schlechte Entlastung.²⁾

Der einfache Schieber wurde mehrfach verändert. Je größer die Maschinen wurden, um so breiter mußten die Kanäle werden, um so größer wurde der Schieberhub und damit die Reibungsarbeit. Penn führte daher zuerst Schieber mit mehreren Eintrittskanälen aus, die fast bei allen größeren Schiffsmaschinen Eingang fanden.

Schnellere Öffnung und schnelleren Abschluß der Kanäle erreichte man durch den Trickschen Schieber, der einen gewöhnlichen Muschelschieber mit darüberliegendem Kanal darstellt. Auch Schieber, bei denen der austretende Dampf durch den Schieber hindurch in das Austrittsrohr eintritt, kommen wie Fig. 573 zeigte vor. In der französischen Marine führte sie vor allem Mazeline aus, der hiermit zugleich eine gute Entlastung erhielt.

¹⁾ Über die Maschine des „Roland“, bei dem diese Steuerung Verwendung fand, s. Busley, Z. d. V. d. Ing. 1891, S. 720.

²⁾ s. Busley, Schiffsmaschine, Kiel 1886, S. 467.

Durchbrochene Schieber benutzte man bei Expansionssteuerung, bei denen ein zweiter Schieber auf dem Grundschieber sich bewegte. Kolbenschieber, die heute, ihrer vollkommenen Entlastung wegen, bei den Hochdruckzylindern fast aller Schiffsmaschinen die Regel sind, kommen zwar auch schon in den 40er und 50er Jahren vor, konnten aber, da ihre Abdichtung und genaue Herstellung Schwierigkeiten machte, damals noch nicht weitere Verbreitung finden.

Es dauerte verhältnismäßig lange, ehe man vollkommene Klarheit über die durch einen Schieber bedingte Abhängigkeit der einzelnen Dampfverteilungsperioden bekam. Die ersten Schieber hatten keine Überdeckung und arbeiteten ohne Voreilen.

In Soho hatte man allerdings schon 1808 Schieberüberdeckung angewandt mit dem vollen Bewußtsein, dadurch Expansion zu erreichen, es wurde dies aber als ein so tiefes Geheimnis ängstlich behütet, daß noch 1833 ein Monteur Watts in Schottland es als größte Neuheit verraten konnte. Bourne erzählt, wie die ersten Dampfschiffe, die Caird & Cie. in Greenock bauten, sehr wenig befriedigt hätten, weil die Kessel nicht genügend Dampf zu liefern vermochten. Erst als

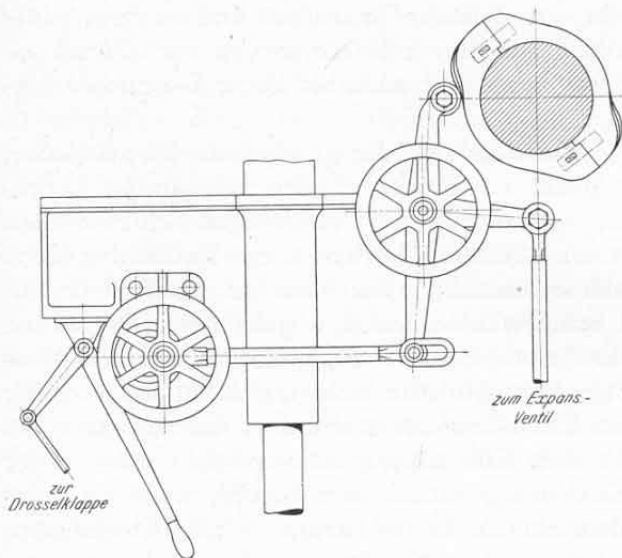


Fig. 647. Expansionssteuerung um 1845.
(Nach Originalzeichnung.)

man auf den Rat eines Wattschen Monteurs die Schieber mit Überdeckung ausführte und dadurch geringere Füllung erzielte, arbeitete die Maschine zur größten Zufriedenheit. Auch Caird hütete sich nun seinerseits das große Geheimnis zu verraten.¹⁾

Je mehr man den Wert der Expansion erkannte, um so mehr suchte man auch höhere Expansionsgrade, als sich mit einem Schieber erreichen ließen, anzuwenden. In der gleichen Weise wie bei Landmaschinen fügte man besondere Expansionsorgane der Steuerung zu. Man baute sie ähnlich der Drosselklappe als oszillierende oder rotierende Drehschieber; sehr oft wurde ein Doppelsitzventil bevorzugt; später nahm man vielfach Gitterschieber; daneben kamen auch Kolbenschieber vor. Ihre Bewegung er-

¹⁾ s. Engineer 1875, Bd. II, Bourne, Recollections of improvements.

hielten alle diese Organe fast ausschließlich durch unrunde Scheiben von der Kurbelwelle aus. Eine derartige Expansionssteuerung von Escher Wyss in den 40er Jahren ausgeführt zeigt Fig. 647. Hier kann durch das obere Handrad der Hebel mit der Anschlagrolle senkrecht zur Bildebene so verschoben werden, daß die Expansion entsprechend den schrägen Nocken verändert wird. Die Rolle wird abgehoben durch Drehen des zweiten Handrades, mit dem ein Exzenter, der mit der wagerechten Stange den Rollenhebel betätigt, verbunden ist. Neben diesem Handrad ist zugleich noch der Handhebel zum Bedienen der Drosselklappe angebracht. Eine andere Ausbildung zeigen die Fig. 648 und 649. Später kamen besondere durch Exzenter bewegte Expansionschieber zur Verwendung, die entweder in einem besonderen Schieberkasten vor dem Grundschieber oder auf ihm sich bewegten.

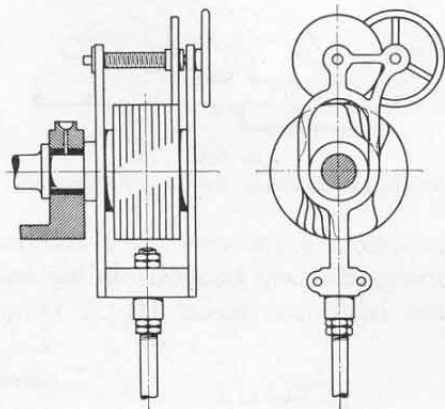


Fig. 648 und 649. Expansionssteuerung.
(Nach de Fréminville, *Machines à vapeur marines*,
Paris 1861.)

Vielfach wurde auch die bekannte Meyer-Steuerung benutzt, die vor Meyer sich schon Bourne 1838 und dann Bodmer hatte schützen lassen. Bourne berichtet, daß er die Idee hierzu schon 1834 gehabt, sie aber erst 1838 bei einer Schiffsmaschine ausgeführt habe.¹⁾

B. Die Umsteuerung der Maschine.

Die gebräuchlichste Umsteuerung der Schiffsmaschine bis in die 40er Jahre war die mit losem Exzenter. Hierbei saß das Exzenter lose auf der Kurbelwelle und wurde durch zwei feste Knaggen der jeweiligen Drehrichtung der Maschine entsprechend mitgenommen. Sollte die Maschine umgesteuert werden, so wurde die Exzenterstange ausgeklinkt und der Schieber von Hand so verstellt, daß die Maschine ihre Bewegungsrichtung umkehrte. Die Kurbelwelle bewegte sich jetzt so lange, ohne das Exzenter mitzunehmen, bis der andere Knaggen an den zweiten Mitnehmer des Exzenters stieß. Die Exzenterstange konnte jetzt wieder eingeklinkt und damit die Steuerung der Maschine wieder übertragen werden. Man konnte entweder einfach die Exzenterstange abheben, oder auch ein Füllstück in die Klinke eindrücken, so daß die Stange auf dem Zapfen gleiten konnte. Diese Ausführung zeigt Fig. 650.

¹⁾ s. *Engineer* 1875, Bd. II, S. 10.

Das Manövrieren mit derartigen Maschinen erforderte Zeit und größte Übung. Bei der Steuerung einer normalen Seitenhebelmaschine waren, wenn Expansionssteuerung vorhanden war, nicht weniger als sechs Handhebel für jede Maschinenseite, im ganzen also zwölf, zu bedienen. Fig. 651 zeigt die schematische Anordnung einer solchen Steuerung.

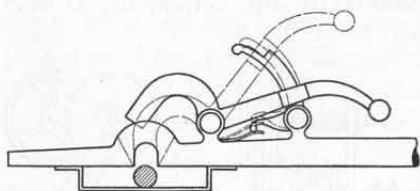


Fig. 650.

Ausklinkvorrichtung bei Exzenterstangen.

zuzustellen. Jetzt wird die Kurbelwelle sich drehen und mit dem einen Anschlag das lose Exzenter mitnehmen. Jetzt sind die beiden Einspritzzähne mit Hilfe von Hebel III zu öffnen. Kann die Maschine längere Zeit in

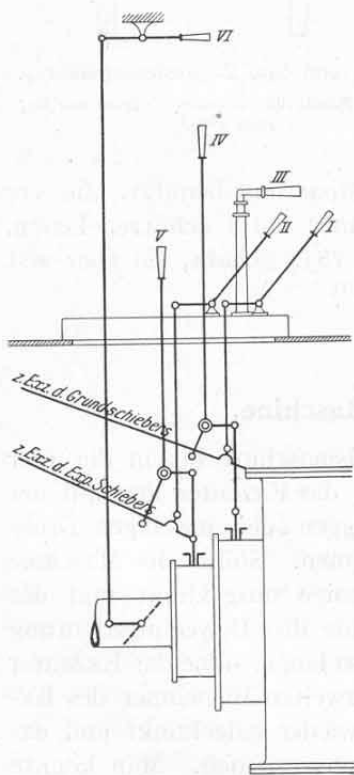


Fig. 651. Steuerungsanordnung.

der gleichen Richtung laufen, so wird jetzt wieder mit Hilfe von I und II zuerst der Grundschieber, dann auch der Expansionschieber durch Einklinken der Exzenterstangen mit der Maschine gekuppelt. Außerdem hat gewöhnlich noch der Maschinist beim Manövrieren mit einem auf der Zeichnung nicht dargestellten Handhebel eine Entkuppelungsvorrichtung zu bedienen, die bei vielen Raddampfern, wenn sie sich als Schlepper in belebtem und engem Fahrwasser bewegen mußten, angewendet wurde; dadurch konnte man jedes Schaufelrad von den anderen unabhängig stillstellen, oder in umgekehrtem Sinne bzw. auch in gleichem Sinne schneller oder langsamer drehen, wodurch man die Steuerfähigkeit der Maschine sehr erhöhte. Auch die Drosselklappen, die in der Figur mit dem an der Decke angebrachten Hebel VI zu bewegen waren, mußten beim Manövrieren der Maschine entsprechend bedient werden. Zuweilen waren einige der Hebel, besonders die zum Anklinken der Exzenterstangen dienenden, als Fußhebel ausgebildet; dann hatte also buchstäblich der Maschinist mit Händen und Füßen beim Um-

steuern seiner Maschine zu arbeiten. Heute nimmt es wunder, daß selbst geübte Maschinisten mit derartigen Steuerungen auch nur einigermaßen den Anforderungen entsprechen konnten. Welch eine Schwierigkeit den Schiffs-

besitzern daraus entstand, wenn der Maschinist krank wurde oder sonst seinen Dienst aufgab, kann man danach leicht begreifen.¹⁾

Die Steuerung der oszillierenden Maschine war durch die Zylinderbewegungen besonders erschwert; zuerst benutzte man diese Bewegung, um von ihr unmittelbar die Schieberbewegung abzuleiten, erhielt aber ungünstige Dampfverteilung. Erst Penn gelang es durch die nach ihm benannte Kullisse, die Schieberbewegung unbeeinflusst durch die Zylinderbewegung von einem Exzenter abhängig zu machen. Die Umsteuerung selbst erfolgte zunächst, wie oben beschrieben, mit losem Exzenter und ausklinkbarer Exzenterstange. Die konstruktive Ausführung dieser Steuerung zeigen die Fig. 652 bis 654.²⁾

Bei den Maschinen mit feststehenden Zylindern wurden die mannigfachsten Steuerungen versucht. Zuerst begnügte man sich damit, Umsteuerungen zu haben, die nur beim Stillstand oder ganz langsamem Gang der Maschine umgestellt werden konnten. Eine in Frankreich in den 50er Jahren ausgeführte Steuerung dieser Art zeigen die Fig. 655 bis 657. Von einer besonderen, parallel neben der Kurbelwelle gelagerten

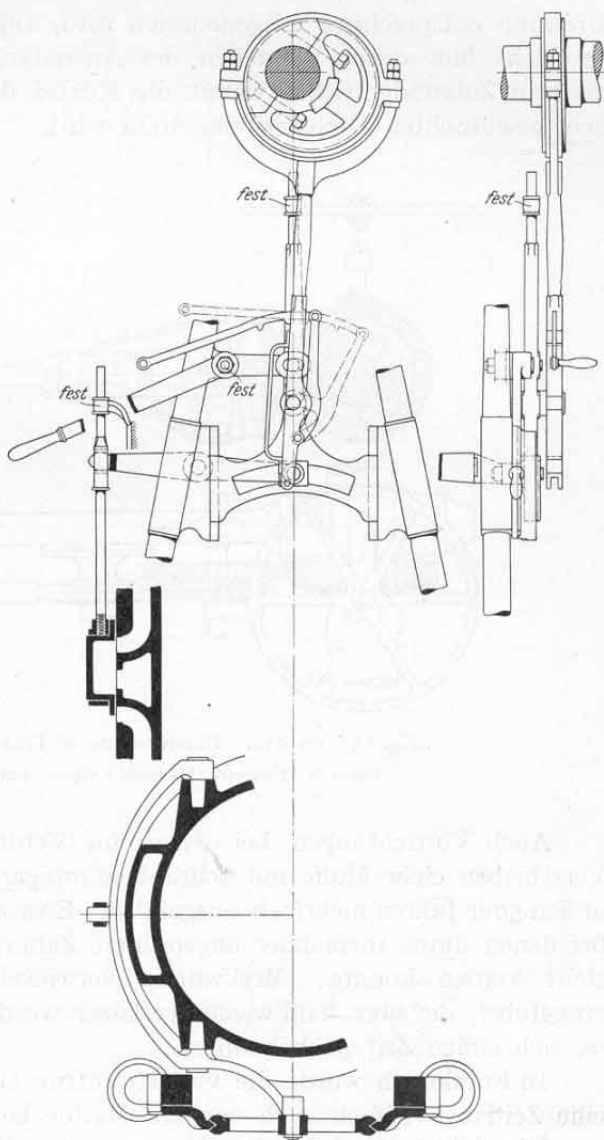


Fig. 652 bis 654. Steuerung für oszillierende Maschinen von Escher Wyss 1846.

(Nach Originalzeichnung.)

¹⁾ Ausführliche Beschreibung der Steuerung s. Busley, Z. d. V. d. Ing. 1891, S. 719.

²⁾ Ausführlich besprochen sind diese Umsteuerungen der oszillierenden Maschine mit losem Exzenter in Busley, Schiffsmaschine, Kiel 1886, S. 480.

Steuerwelle wird mit einer Kurbelschleife die Schieberbewegung abgeleitet. Die Steuerwelle wird von einem lose auf der Kurbelwelle angebrachten Zahnrade, das genau, wie vorher der Exzenterkörper, durch Anschläge dem Drehsinn entsprechend mitgenommen wird, angetrieben. Die Umsteuerung geschieht hier durch Verstellen des Antriebrades mit Handrad und konischem Zahnradgetriebe, womit die Kurbel der Steuerwelle entsprechend dem gewünschten Drehsinn eingestellt wird.

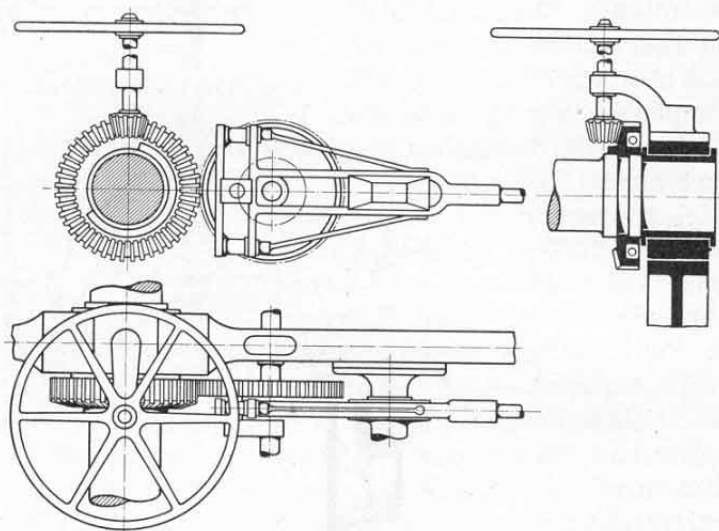


Fig. 655 bis 657. Umsteuerung in Frankreich um 1855.

(Nach de Fréminville, *Machines à vapeur marines*, Paris 1861.)

Auch Vorrichtungen, bei denen eine Verdrehung des Exzenters durch Verschieben einer Muffe mit schraubenförmiger Nut bewirkt wird, wurden in den 50er Jahren mehrfach ausgeführt. Ebenso finden wir Umsteuerungen, bei denen durch ineinander angeordnete Zahnräder die Schieberkurbel verstellbar werden konnte. Merkwürdig verwickelte Konstruktionen wurden ausgeführt, die aber bald wieder verlassen wurden. Nur wenige vermochten es, sich einige Zeit zu behaupten.

In Frankreich wurde die von Mazeline eingeführte Zahnradsteuerung eine Zeitlang vielfach auch von der Marine benutzt, Fig. 658 u. 659.

Die Schieberkurbel wird hier von der Kurbelwelle aus durch zwei gleich große Zahnräder, von denen das obere, um das Geräusch zu mildern, mit Holzzähnen ausgestattet ist, angetrieben; das obere Zahnrad sitzt lose auf der Welle. Zwischen ihm und dem Lager ist eine Kupplung angeordnet, die in eine entsprechende, konzentrische Vertiefung mit einem oberen Ansatz eingreift, während auf dem gegenüberliegenden Ende ein Zahnradgetriebe in der Weise, wie Fig. 658 erkennen läßt, angeordnet ist. Verschiebt man den Kupplungszapfen in der Aussparung des Rades,

so ändert man hiermit die Lage der Schieberkurbel zur Kolbenkurbel, steuert also die Maschine um. Das wird erreicht durch Drehen des großen Handrades, wobei mittels der kleineren Zahnräder das große Rad so ver-

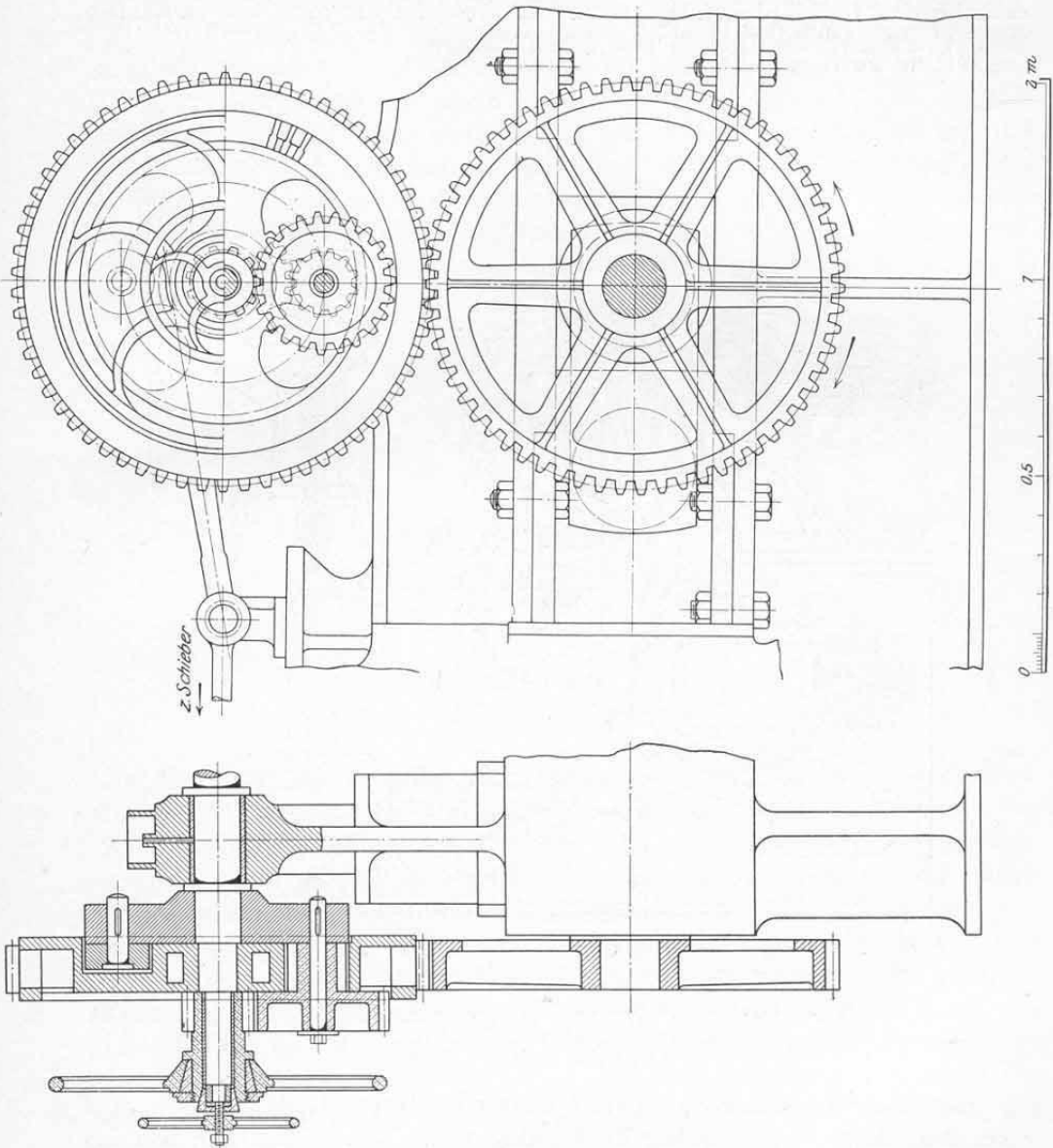


Fig. 658 und 659. Steuerung von Mazeline.
(Nach Busley, Schiffsmaschine, Kiel 1886.)

schoben wird, daß die eine oder andere Seite der konzentrischen Aussparung mit dem Kupplungszapfen in Berührung kommt. Soll umgesteuert werden, während die Maschine läuft, so braucht man nur das große Handrad festzuhalten; es bewegt sich dann das große Zahnrad von einem Ende der

so ändert man hiermit die Lage der Schieberkurbel zur Kolbenkurbel, steuert also die Maschine um. Das wird erreicht durch Drehen des großen Handrades, wobei mittels der kleineren Zahnräder das große Rad so ver-

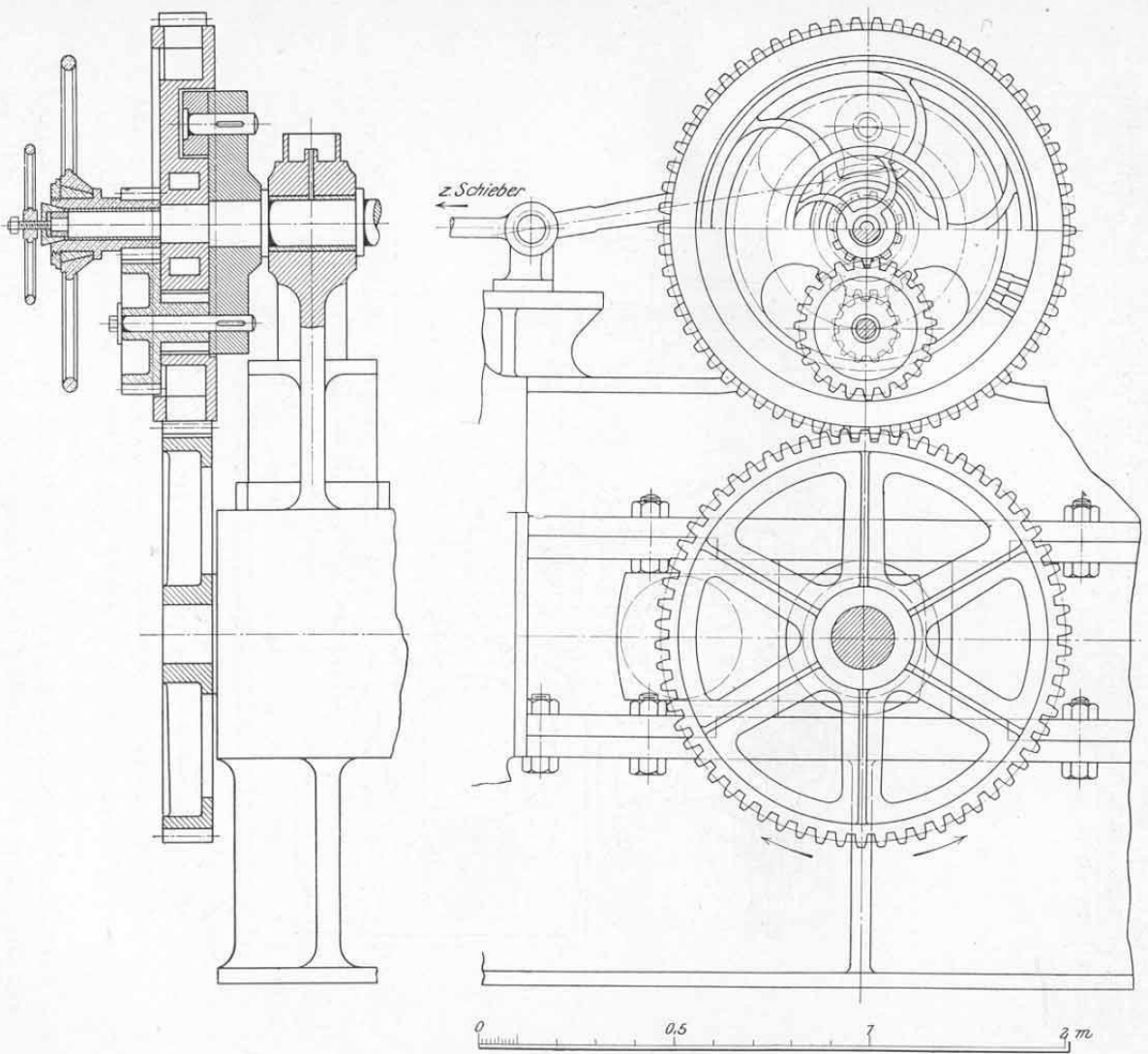


Fig. 658 und 659. Steuerung von Mazeline.
(Nach Busley, Schiffsmaschine, Kiel 1886.)

Aussparung zum anderen. Steht die Maschine still und soll angelassen werden, so muß das Handrad in der zur Schieberwelle entgegengesetzten Richtung gedreht werden. Damit es während des Ganges seine Lage nicht verändert, ist noch eine kleine konische Bremse vorn angebracht, die mit dem kleinen Handrad betätigt wird. In diesem Falle muß also jedesmal beim Umsteuern die Bremse erst gelöst werden.

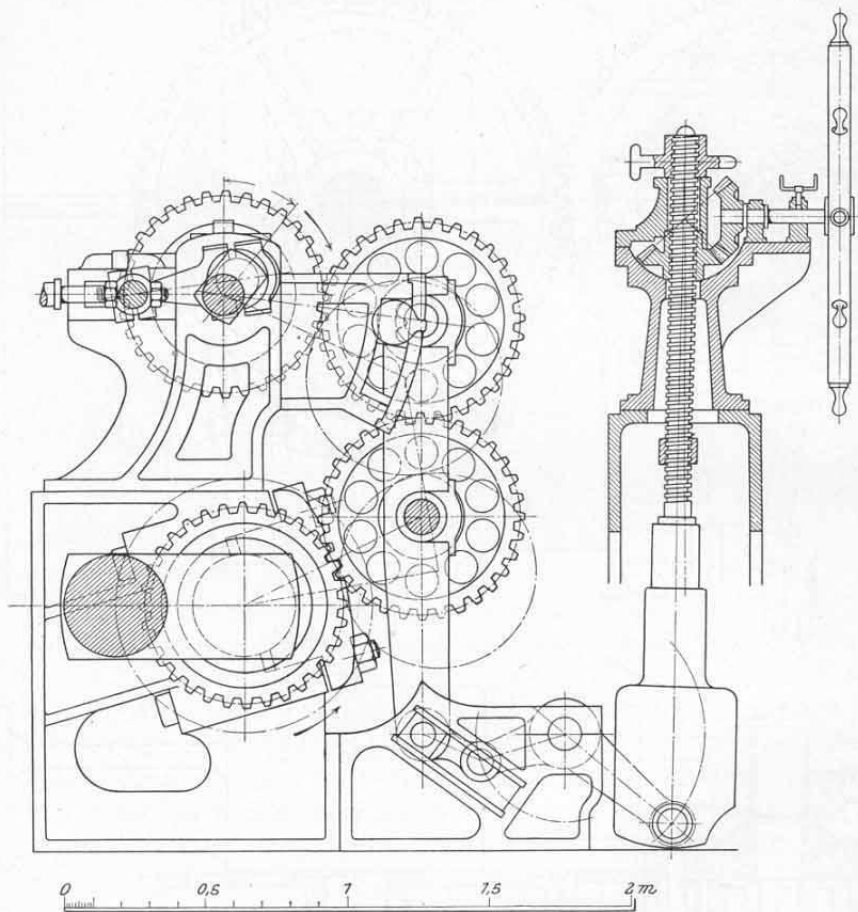


Fig. 66o. Maudslays Vierradsteuerung 1860.

(Nach Busley, Schiffsmaschine, Kiel 1886.)

Die Mazeline-Steuerung galt als einfach und zuverlässig, man konnte aber mit ihr nicht gleichzeitig die Füllung verändern. Unbequem war bei der Bedienung das Lösen und Anspannen der kleinen Bremse. Als Übelstand wurde das Mitlaufen des Handrades beim Gang empfunden.

Noch größere Verbreitung fand eine von C. Sells 1859 (Patent Nr. 2758) konstruierte Zahnradsteuerung, deren Ausführung Maudslay erwarb, weshalb sie auch als „Maudslay“-Steuerung bekannt ist. Sie wurde besonders

bei liegenden Dreizylindermaschinen angewendet. Bei dieser Bauart findet sie sich bis in die 70er Jahre auch vielfach bei deutschen Kriegsschiffen.¹⁾

Bei dieser Maudslay-Steuerung ist der Voreilwinkel veränderlich, und so ist es auch möglich, mit ihr die Füllung zu verändern. Die Anordnung der ganzen Steuerung zeigt Fig. 660.

Mit der Kurbelwelle und der Steuerwelle sind zwei Zahnräder fest verbunden; das obere ist mit Holzzähnen versehen, das untere ist aus Bronze. Sie sind durch zwei in einem schmiedeeisernen Rahmen lose sitzende Räder von gleicher Größe miteinander verbunden. Der Rahmen mit den beiden Zahnrädern läßt sich so heben und senken, daß der Eingriff der Zahnräder untereinander nicht gestört wird. Beide lose Räder müssen sich also mit ihrer Drehachse auf einem Kreisbogen bewegen, dessen Mittelpunkt für das obere Rad in der Achse der Steuerwelle, für das untere in

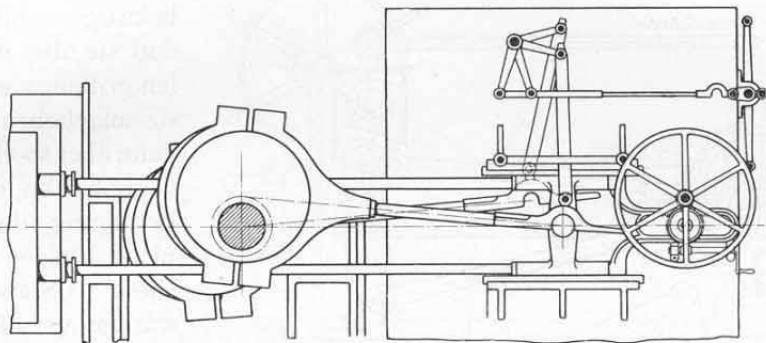


Fig. 661. Steuerung von Creuzot um 1855.

(Nach de Fréminville, *Machines à vapeur marines*, Paris 1861.)

der Mitte der Kurbelwelle liegt. Daraus ergeben sich für verschiedene Lagen des Rahmens die Kurven, in denen sich die Aufhängpunkte des Rahmens im Gestell bewegen müssen, und zwar die obere Führungskurve als Kreisbogen mit einem Radius gleich dem Raddurchmesser, die untere Führung als eine sehr schwach gebogene Linie, die sehr wenig von der geraden abweicht. Wie von einem Handrade aus das Heben und Senken der Kurve erfolgt, ist aus Fig. 660 zu ersehen. Am unteren Ende der Umsteuerspindel ist noch ein Gegengewicht angebracht, um das Gewicht des Rahmens und seiner beiden Zahnräder auszugleichen und so das Umsteuern zu erleichtern. Wird der Rahmen gehoben, so läuft die Maschine vorwärts, wird er gesenkt, so geht sie rückwärts. Durch das gegenseitige Abrollen der Räder wird die Schieberkurbel gegen die Kolbenkurbel verstellt. Bei der höchsten Stellung des Rahmens war die größte Füllung gewöhnlich 0,45; die kleinste noch verwendbare Füllung war etwa 0,2.

¹⁾ s. Burgh, *Marine engineering*, London 1867, S. 294 und Busley, *Schiffsmaschine*, Kiel 1886, S. 487.

Die Steuerung war sehr einfach, und es erforderte wenig Übung, sie zu bedienen; auch ließ sie eine besondere Expansionssteuerung in vielen Fällen entbehrlich erscheinen; nachteilig war nur das starke Geräusch der Räder, welches bei einiger Abnutzung es kaum möglich machte, sich im Maschinenraume noch mündlich zu verständigen.

Weit größere Bedeutung als alle diese Steuerungen erlangten die Steuerungen mit zwei festen Exzentern, von denen das eine für Vorwärts-, das andere für Rückwärtsgang bestimmt war. Die Vorstufe der Kulissensteuerung war hier auch eine Ausklinksteuerung. Je nachdem die Maschine vorwärts oder rückwärts laufen sollte, wurde die eine oder andere Exzenterstange mit dem Zapfen der Schieberstange verbunden. Bis zum Eingreifen der anderen Schieberstange war der Schieber von Hand zu bewegen, oder

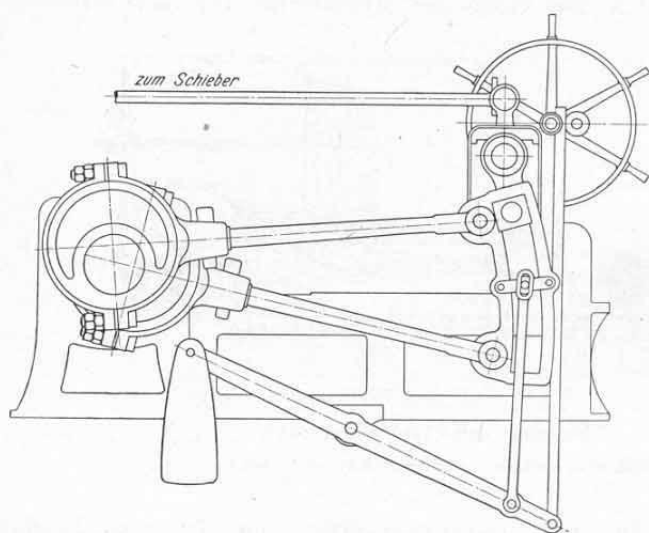


Fig. 662. Stephenson'sche Kulisse von Maudslay um 1860.

auch selten vor, merkwürdigerweise sogar, nachdem man schon die Kulissensteuerung kannte. Man glaubte einen Vorteil dadurch zu erreichen, daß man durch Ausklinken beider Exzenterstangen die Maschine schneller außer Betrieb setzen konnte. Fig. 661 zeigt diese Steuerung in der Ausführung von Schneider-Creuzot aus den 50er Jahren. Um ein Ecken des sehr breiten Schiebers zu vermeiden, sind hier zwei Schieberstangen, die sich in einem Kreuzkopfe vereinigen, angeordnet.

Vor allem aber verbreitete sich die Steuerung mit zwei festen Exzentern in Form der sog. Kulissensteuerung; sie wurde die verbreitetste aller Schiffsmaschinensteuerungen, und zwar fast ausschließlich als Stephenson'sche Kulisse, da für die Gooch'sche es gewöhnlich an Platz fehlte und die anderen zu verwickelt waren. Die Hängestange der Kulisse griff meistens in der Mitte der Kulisse an, nur zuweilen auch oben oder unten, je nachdem die Exzenterstangen offen oder gekreuzt waren. Über die Bewegungs-

man mußte die Enden der Exzenterstange gabelartig ausbilden, so daß sie über den Zapfen griffen, auch wenn sie angehoben waren, dann aber so viel toten Gang hatten, daß eine Bewegung durch sie nicht erfolgen konnte. Diese Steuerungen wurden vor allem bei den Lokomotiven vor den Kulissensteuerungen vielfach angewendet, aber auch im Schiffsmaschinenbau kamen sie, wenn

gesetze der Kulisse war man anfangs sehr wenig im klaren. Erst nach und nach lernte man das Wesen der Steuerung so kennen, daß man die günstigsten Verhältnisse auch ohne langes Probieren herausfand. Der äußeren Ausführung nach waren anfangs alle Kulissen, sog. Spurkulissen, da bei den wagerechten und oszillierenden Maschinen gewöhnlich keine direkte Verbindung zwischen Kulissenstein und Schieberstange erreicht werden konnte. Die Stangenkulisse wurde hauptsächlich bei Hammermaschinen angewendet, zuerst allerdings von Humphrys bei einer liegenden Maschine. Anfangs wurde nur eine, später doppelte Stangen benutzt. Hierbei kamen die Exzenterstangen entweder zwischen beiden Kulissenstücken zum Angriff oder sie konnten dieselben gabelförmig umspannen.¹⁾

Ausführungen der Kulissensteuerungen zeigen unter anderen die schon vorher besprochenen Maschinen.

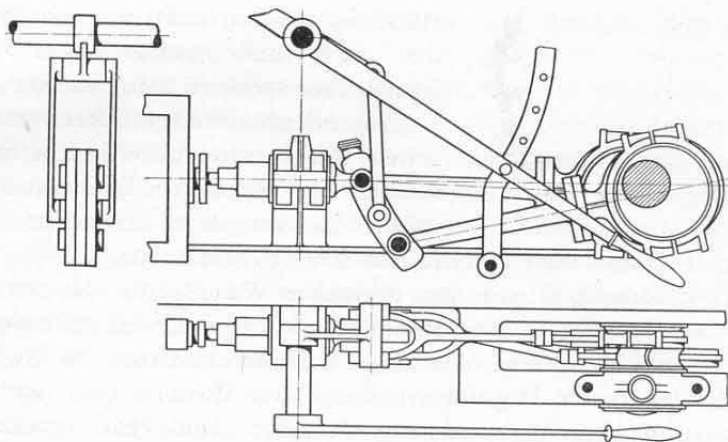


Fig. 663 bis 665. Stephenson'sche Kulisse von Cavé 1860.

(Nach de Fréminville, Machines à vapeur marines, Paris 1861.)

Eine Spurkulisse Maudslayscher Anordnung bei liegenden Schraubenschiffsmaschinen veranschaulicht Fig. 662.

Eine Stangenkulisse, wie sie Cavé für Kanonenboote in den 50er Jahren anwandte, stellen die Fig. 663 bis 665 dar.

In Schweden kam in den 50er Jahren durch Carlsund eine Umsteuerung mit Kulisse in Anwendung, bei der diese durch eine in ihr befestigte Schraubenspindel mit Handrad über den Stein verschoben werden konnte. Die Kulissen lagen so dicht beieinander, daß der Maschinist leicht mit jeder Hand eine Spindel drehen konnte. Das Spindelgewinde war steil, um das Umstellen in kurzer Zeit zu ermöglichen. Diese Umsteuerung, bei der man allerdings noch der Kulissenbewegung während der Bedienung

¹⁾ Ausführliches über Kulissen und ihre Anordnungen s. Busley, Schiffsmaschine, Kiel 1886, S. 441 bis 490.

folgen mußte, war schon ein wesentlicher Fortschritt gegenüber den alten Ausklinksteuerungen.¹⁾

Auch bei oszillierenden Maschinen wurde dann die Stephenson'sche Kulisse in Verbindung mit der Pennschen Kulisse angewendet; in welcher Form dies zu geschehen pflegte, zeigt Fig. 666.

Je größer die Maschinen wurden, um so schwerer war es bei allen diesen Steuerungen von Hand umzusteuern; zuerst hatte man einfache Hebel genommen, die zuweilen, um zu verhüten, daß lange Handhebel sich mitbewegten, abnehmbar waren und erst, wenn sie benutzt werden sollten, aufgesteckt wurden. Später ging man immer mehr dazu über, Zahnradübertragung zwischenzuschalten und diese von einem großen Handrad aus zu betätigen, bis dann auch das nicht mehr genügte und besondere Umsteuermaschinen nötig wurden.

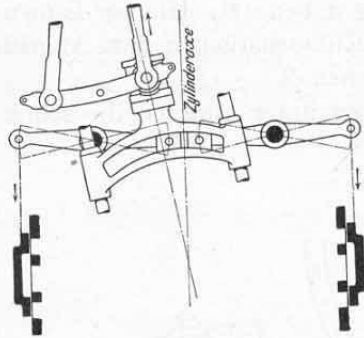


Fig. 666. Steuerung zur oszillierenden Maschine der Fig. 566.

Auch Regulatoren wurden von den ortsfesten Maschinen frühzeitig auf Schiffsmaschinen übernommen. Dauernden Eingang haben sie aber nicht gefunden. So hatte

bereits die Maschine vom „Great Eastern“ Regulatoren.

Zunächst versuchte man den normalen Wattschen Regulator auf das Schiff zu übertragen. Bei den Schwankungen der Schiffsmaschine war das nicht durchführbar und man begann Federregulatoren zu konstruieren. Einer der ersten dieser Regulatoren rührt von Bourne her, der ihn 1834 entwarf und ihn 1837 auch auf dem Dampfer „Don Juan“ praktisch verwendete.²⁾

Bournes Konstruktion gab in den 50er Jahren Silver die Anregung zu seinen ersten Schiffsmaschinen-Regulatoren (Patent Nr. 1459, Jahr 1857), die am bekanntesten wurden. Beharrungsregulatoren ließ sich 1859 Th. Meriton (Nr. 1960) schützen.³⁾

5. Übersicht über Luftpumpen und Kondensationseinrichtungen.

Die Beispiele ausgeführter Schiffsmaschinen gaben gleichzeitig auch Auskunft über Anordnung und Ausführung der Luftpumpen und Kondensatoren. Bis in die 50er Jahre wurde fast ausschließlich Einspritz-

¹⁾ s. Busley, Z. d. V. d. Ing., 1891, S. 746 und Tafel 20, Fig. 8.

²⁾ 1838 erhielt Bourne ein Patent darauf (Nr. 7813). Abbildung und Beschreibung s. Engineer 1875, Bd. II, S. 350.

³⁾ s. auch Burgh, Marine Engineering, London 1867, S. 332.

kondensation verwendet. Oberflächenkondensation wurde früh versucht; man erkannte ihre Bedeutung für Seeschiffe an, verstand es aber noch nicht, die praktischen Schwierigkeiten ganz zu überwinden. Wie sehr von der Lösung dieser Frage die weitere Entwicklung abhängig war, wird im nächsten Teil zu zeigen sein.

Bei den Niederdruckmaschinen spielte naturgemäß eine brauchbare Kondensationseinrichtung die größte Rolle; von ihr hing die Leistung der ganzen Maschine ab. Die ersten Kondensationseinrichtungen waren den bei Landmaschinen bereits üblichen nachgebildet. Als man mit der Schraubenschiffsmaschine zu höherer Geschwindigkeit überging, machte die Luftpumpe, der man bisher nur Kolbengeschwindigkeiten von wenig über 0,5 m in der Sekunde zugemutet hatte, die größten Schwierigkeiten. Zunächst suchte man den schnellaufenden Luftpumpen durch Anwendung von Übersetzungen in das Langsame aus dem Wege zu gehen. Das gab verwickelte, teure und unzuverlässige Konstruktionen. Man war deshalb gezwungen, den möglichst unmittelbaren Antrieb der Luftpumpe anzustreben. Hier lag das Hindernis in den Ventilen und Klappen, die zu große Massen hatten, um der erforderlichen Geschwindigkeit der Kolbenbewegung folgen zu können.

In Amerika erbaute Ericsson die ersten schnellaufenden Luftpumpen, bei denen er Segeltuchklappen als Ventile benutzte. Das Segeltuch wurde in mehreren Lagen zusammengenäht, später mit Gummi aufeinandergeklebt. In den 40er Jahren schuf dann Edward Humphrys, damals Ingenieur bei Rennie, die noch heute allgemein angewandte Konstruktion, bei der eine runde Gummischeibe auf engmaschigem Rost als Ventilsitz ruhte und über sich einen schalenförmigen Teller als Hubfänger hatte.¹⁾

Mit der liegenden Schraubenschiffsmaschine kam auch die liegende Luftpumpe in Aufnahme, die in mannigfacher Weise von den einzelnen Konstrukteuren ausgebildet wurde. Das Bedürfnis nach möglichster Raumsparnis führte dazu, Luftpumpe und Kondensationseinrichtung mit der ganzen Maschine möglichst innig zu verbinden. Die Luftpumpen wurden mit Vorliebe unmittelbar vom Dampfkolben aus angetrieben. Bei den stehenden Maschinen bürgerte sich der Zwischenhebel ein, der, am Gestell gelagert, vom Kreuzkopf aus bewegt wurde.

6. Übersicht über die Betriebsverhältnisse und Leistungen der Schiffsmaschine.²⁾

Die Dampfniederdruckmaschine erhielt sich am längsten als Schiffsmaschine. Es wurde fast zum Glaubenssatze, daß nur Dampfdrücke von $2\frac{1}{2}$ bis $3\frac{1}{2}$ Pfd./Qu.-Zoll (0,17 bis 0,25 kg/qcm) über 1 at vorteilhaft zu

¹⁾ s. Engineer 1899, I, S. 81 u. 1875, II; ferner Dingers p. J., Bd. 122, S. 321.

²⁾ In der Literatur sind Angaben über die Abmessungen der Maschine, Leistungen, Umdrehzahl, Dampfdruck usw. in umfangreichen Listen öfters zusammengestellt worden.

gebrauchen wären. Noch 1838 führte man, um die Ansicht zu stützen, Watt als Zeugen an, der ausdrücklich diesen Druck als den einzigen bezeichnet habe, der im Schiffsmaschinenbau zweckmäßig angewendet werden könne.¹⁾

Während man sich bei der Schiffsdampfmaschine gegen jede Dampfdrucksteigerung wehrte, wandte man bei den Pumpmaschinen in Cornwall bereits 30 Pfd./Qu.-Zoll (2,1 kg/qcm) Überdruck im normalen Betrieb an und ging bei den Lokomotiven noch wesentlich höher.

Viele Unglücksfälle, die sich bei höher gespannten Dampfdrücken zuge tragen hatten, verstärkten die Meinung, daß Hochdruckdampf unmöglich bei Schiffsmaschinen zu verwenden sei. Man erkannte sehr wohl, daß diese Explosionen oft durch die Form des Kessels veranlaßt waren, glaubte aber wieder, daß Schiffskessel für höheren Druck nicht gebaut werden könnten. Dazu kam noch, wie schon bemerkt, als weiteres Hindernis der Glaube, man könne bei Schiffsmaschinen bei niedrigem Druck mindestens die gleichen Ergebnisse erzielen wie bei höherem Druck. 10 Pfd./Qu.-Zoll (0,7 kg/qcm) Überdruck galt noch anfangs der 40er Jahre als „Hochdruck“, und führende Zeitungen warnten vor diesen gefährlichen Neuerungen.

Von den 488 Maschinen, über die Ledieus Tabellen Auskunft geben, von denen etwa 360 aus den 50er Jahren, die übrigen aus den 40er und anfangs der 60er Jahre stammten, arbeiteten 212 Maschinen mit Kesselspannungen bis zu 1 at, 228 mit 1 bis 2 at Überdruck.

Nur in Amerika war man wesentlich kühner vorangegangen und hatte schon frühzeitig Dampfdrücke von 8 bis 10 at verwendet. Allerdings fehlte es auch nicht an zahlreichen, furchtbaren Unglücksfällen; aber man schien Kesselexplosionen für etwas Unvermeidliches beim Dampfschiffahrtsbetrieb ziemlich ruhig hinzunehmen.

Die Leistungen²⁾ der einzelnen Maschinen wuchsen mit dem Bedürfnis

So gibt z. B. Ledieu in seinem großen Werke: *Appareils à vapeur de navigation*, Paris 1862, Tabellen über fast 500 Schiffsmaschinen der verschiedensten Konstruktion, englischer, französischer und amerikanischer Ausführung. Ebenso enthält Bourne, *Screw propeller*, London 1862, umfangreiche Listen über Versuche an 259 englischen Schraubendampfern. Es würde zu weit führen, Auszüge aus diesen Listen oder andere Zusammenstellungen dieser Art hier anzufügen.

¹⁾ s. Tredgold, *Steam Engine*, London 1838, S. 365.

²⁾ Die Leistungen der Schiffsmaschine gab man lange Zeit in sog. nominellen Pferdestärken (*NHP*) an, deren Berechnung eine Dampfspannung von 7 Pfd./Qu.-Zoll (0,49 kg/qcm) Überdruck im Kessel und eine Kolbengeschwindigkeit von 220 Fuß in der Minute (1,11 m/sk) zugrunde lag. Da 33000 Fußpfund zu 1 PS gerechnet wurden, so ergab sich, wenn *D* den Zylinderdurchmesser in Zoll bezeichnet:

$$NHP = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot 7 \cdot 220 = \frac{D^2}{27,28}$$

Man rechnete mit den von Watt gewählten Betriebsverhältnissen. Später suchte man durch Einführung der tatsächlich vorhandenen Kolbengeschwindigkeit, die inzwischen die von Watt empfohlene und angewendete beträchtlich überholt hatte,

sehr schnell; 1818 galt eine Maschine von 120 PS als außerordentlich groß, 1825 gab es Ozeandampfer von 240 PS und bis Anfang der 30er Jahre kamen auch bereits Leistungen bis zu 450 PS vor. Bei den Schraubenschiffsmaschinen mit ihren höheren Geschwindigkeiten, stieg die Leistung noch schneller. In den 50er Jahren finden sich schon Maschinenleistungen von über 1500 PS_i und 1861 sogar von 5070 PS_i in zwei Zylindern von 2647 mm Durchmesser bei 1,2 m Hub. Auch Zylinderabmessungen von 2,25 m Durchmesser bei 3,64 m Hub sind damals ausgeführt worden.

Sehr wesentlich kam für die Schiffsmaschine ihr Gewicht in Betracht, denn je leichter die Maschine war, um so mehr Nutzlast konnte das Schiff führen. Seitenbalanciermaschinen der 30er und 40er Jahre wogen einschließlich Räder und Kessel mit Wasser meistens noch rund 500 kg, auf 1 PS_i mittlerer Leistung bezogen. Die Maschinen mit Evans-Balancier brachten es schon auf rund 300 kg. Seitenbalanciermaschinen späterer Ausführung auf etwa 250 kg; schrägliegende Maschinen aus der Mitte der 40er Jahre, heute die leichtesten Radmaschinen kamen Mitte der 40er Jahre noch auf etwa 350 kg reines Maschinengewicht, mit Rädern und betriebsfähigem Kessel auf 530 kg. Durch geringes Gewicht zeichnete sich besonders die oszillierende Maschine aus. Die 1846 von Penn für englische Kriegsschiffe gebauten oszillierenden Maschinen von 1180 PS_i wogen nur 380 kg oder nur die Maschinen gerechnet rund 100 kg; bei noch etwas größeren oszillierenden Maschinen erreichte Penn 1850 ein reines Maschinengewicht von 74 kg, Gesamtgewicht von 215 kg, das in den 80er Jahren bei 3000-pferdigen Maschinen sogar noch auf 150 kg Gesamtgewicht vermindert wurde. Die schwersten Radmaschinen waren die Vierzylindermaschinen, die über 600 kg Gesamtgewicht erreichten.

Bei den Schraubenschiffsmaschinen kommen bei den Maschinen mit rückkehrender Schubstange in den 50er Jahren Gewichte von 250 bis 300 ausnahmsweise auch schon von 190 kg vor. Auch die liegenden Vierzylindermaschinen erreichten Gewichte zwischen 250 bis 350 kg, ebenso Trunkmaschinen. Hammermaschinen waren zuweilen noch schwerer; sie kommen von 350 kg für 1 PS_i vor.¹⁾

sich der wirklichen Leistung mehr zu nähern, hielt dabei aber sonderbarer Weise an 7 Pfd. Überdruck fest. So kam man zu der englischen Admiralitätsformel, nach der sich, wenn v die minutliche Kolbengeschwindigkeit in Fuß bedeutet,

$$NHP = \frac{D^2 \pi \cdot 7 \cdot v}{33\,000} = \sim \frac{D^2 v}{6000}$$

ergab. Bei Zweifach-Expansionsmaschinen rechnete man:

$$NHP = \frac{D^2 + d^2}{32}$$

Natürgemäß war die indizierte Leistung oft außerordentlich verschieden von der „nominellen“. Die PS_i waren manchmal drei- und viermal, ja zuweilen bis neunmal größer als die NHP. s. ausführlicher hierüber auch Schwarz-Flemming, Verhandl. d. V. z. Bef. d. Gewerbf., Berlin 1897, S. 78.

¹⁾ s. de Fréminville, Machines à vapeur marines, Paris 1861.

Zum Vergleich sei angeführt, daß heute bei Torpedobooten Maschinengewichte von 8 bis 14 kg für 1 PS_i, bei Höchstleistung gerechnet, und Gesamtgewichte von 22 bis 37 kg erreicht werden, während die großen Schnelldampfer auf 130 bis 175 kg, die Panzerschiffe auf 85 bis 107 kg, große Frachtdampfer auf 195 bis 235 kg Gesamtgewicht kommen.¹⁾

Die Kolbengeschwindigkeiten der Schiffsmaschinen waren anfangs sehr gering. Bei Radmaschinen lagen die üblichen Kolbengeschwindigkeiten zwischen 0,9 und 1,2 m/sk; nur ausnahmsweise kamen 1,9 m/sk vor. Bei den Schraubenschiffsmaschinen dagegen finden sich vielfach Geschwindigkeiten von 1,6 bis 1,9 m/sk, die bei einigen Hochdruckmaschinen sogar auf 2,4 bis 3 m/sk stiegen.

1846 erreichte Bourne bereits mit kleinen schnellaufenden Schiffsmaschinen 3,55 m/sk, damals eine bei Schiffsmaschinen noch nie erreichte Geschwindigkeit. Allerdings hatte Bourne auch bereits die Massen sorgfältig durch an den Kurbeln angebrachte Gegengewichte ausgeglichen.²⁾

Angaben über Kohlenverbrauch sind selten und unzuverlässig. Was darüber bekannt ist, zeigt, wie nicht anders zu erwarten, sehr hohe Verbrauchszahlen. 5 bis 6 kg für 1 PS_i und Stunde wurden lange Zeit nicht unterschritten. In den 50er Jahren galten Zahlen von 3,6 kg als durchaus nicht schlecht. Ledieu rechnete 1862 bei den normalen Maschinen 2,4 kg, wogegen die Woolfsche Maschinen von Elder nur 1,2 kg brauchten.

Je größer die einzelnen Betriebsanlagen wurden, um so mehr Wert begann man auch auf eine möglichst günstige Betriebsführung zu sehen. Großen Nutzen stiftete hier der Indikator, sobald man es gelernt hatte, aus seinen Aufzeichnungen einwandfreie Schlüsse über den Zustand der Maschine zu ziehen. Erst der Indikator ermöglichte es, sich genaue Rechenschaft über die durch die Steuerung verrichtete Dampfverteilung zu verschaffen. Besonders ist die englische Admiralität bahnbrechend hierin vorgegangen. Schon 1850 mußte jeder Maschinist täglich von seiner Maschine Diagramme nehmen, die mit ausführlichen Berichten zeitweise den vorgesetzten Behörden einzureichen waren. Leicht mag es gewiß nicht immer gewesen sein, einigermaßen zuverlässige Diagramme mit den oft noch mangelhaften Instrumenten von Maschinen zu nehmen, die von vornherein noch wenig dazu eingerichtet waren. Fast unmöglich schien es von oszillierenden Maschinen Diagramme zu erhalten und doch wurde auch dies möglich gemacht.³⁾

¹⁾ s. Bauer, Schiffsmaschinen und Kessel, München 1902. S. 652.

²⁾ s. Bourne, Engineer 1875, Vol. II.

³⁾ Da mußte wohl der Ingenieur selbst im Reitsitz auf dem schwingenden Zylinder Platz nehmen und sich durch umgebundene Strohsäcke vor dem Verbrennen schützen. Diejenigen, die das noch mitgemacht haben, wissen zu erzählen wie körperlich anstrengend das Indizieren unter solchen Umständen war. Nach pers. Mittel. von Ing. Geisler.

IX.

Übersicht über die Entwicklung der Schiffsdampfkessel.

Fast noch mehr Schwierigkeiten als die Dampfmaschine bereitete auch im Schiffsbetrieb zuerst der Dampfkessel. Anfangs verpflanzte man den normalen Dampfkessel in das Schiff. Man versah ihn mit Mauerwerk, ja manchmal glaubte man, es ginge sogar nicht ohne gemauerten Schornstein, und so gab es auch Dampfschiffe mit gemauerten und entsprechend stark verankerten Schornsteinen.¹⁾ Bald aber zwang das Bedürfnis dazu, den

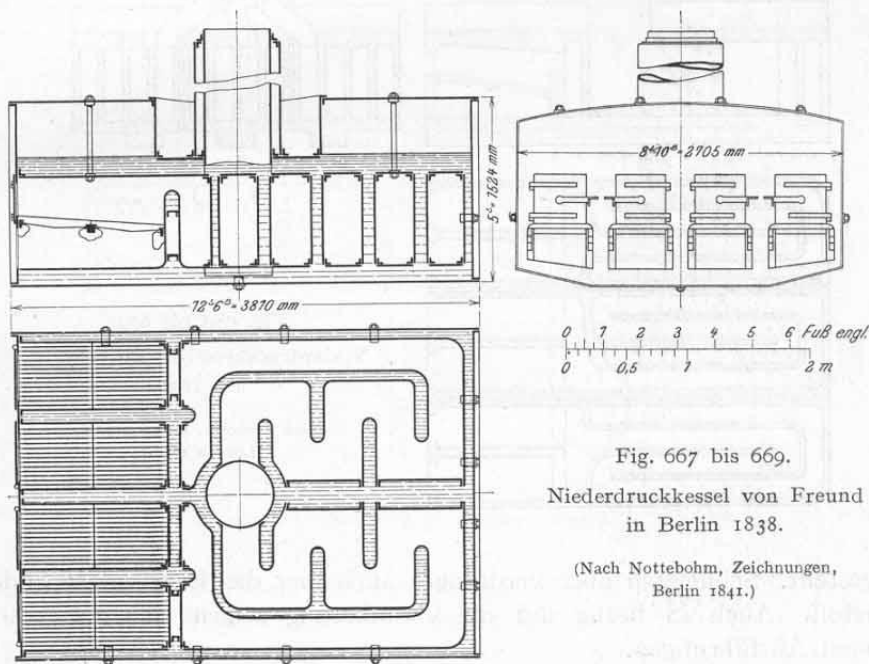


Fig. 667 bis 669.

Niederdruckkessel von Freund
in Berlin 1838.

(Nach Nottebohm, Zeichnungen,
Berlin 1841.)

besonderen Anforderungen durch besondere Konstruktionen gerecht zu werden. Der Schiffskessel hatte sich der Schiffsförm anzuweisen, er mußte den Raum nach Möglichkeit ausnutzen, und er sollte möglichst leicht sein. Die erste Bedingung suchte man durch rechteckige Formen zu erreichen. So kam man zu dem flachwandigen großen Kessel mit seinen vielfach ver-

¹⁾ Der Kessel des berühmten ersten Fultonschen Dampfers „Claremont“ war ein Kofferkessel (20×7×8 Fuß). Der Kessel war wie ein Landkessel von Mauerwerk umgeben. Noch 1876 soll es im Mauerwerk eingebaute Kessel an Bord der Mississippi-Dampfer gegeben haben. s. Schwarz-Flemming, Verhandl. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbl., 1896. S. 223.

schlungenen Feuerzügen, die, im Grundriß gesehen, den Namen „Labyrinthkessel“ verständlich machten. Naturgemäß ließ sich in diesen Kesseln nur ein sehr geringer Dampfdruck erzielen; sie waren daher nur bei Niederdruckmaschinen zu verwenden. Der Ausführung nach weisen sie je nach der Anordnung der Feuerzüge mannigfache Verschiedenheiten auf. Neben dem Bestreben, möglichst günstige Wärmeübertragung zu erhalten, spielten natürlich auch Herstellungsrücksichten bei der Formgebung dieser Kessel eine große Rolle.

Kupfer galt lange Zeit als das beste Kesselmaterial und auch verhältnismäßig große Kessel wurden ohne Rücksicht auf den Preis aus Kupfer

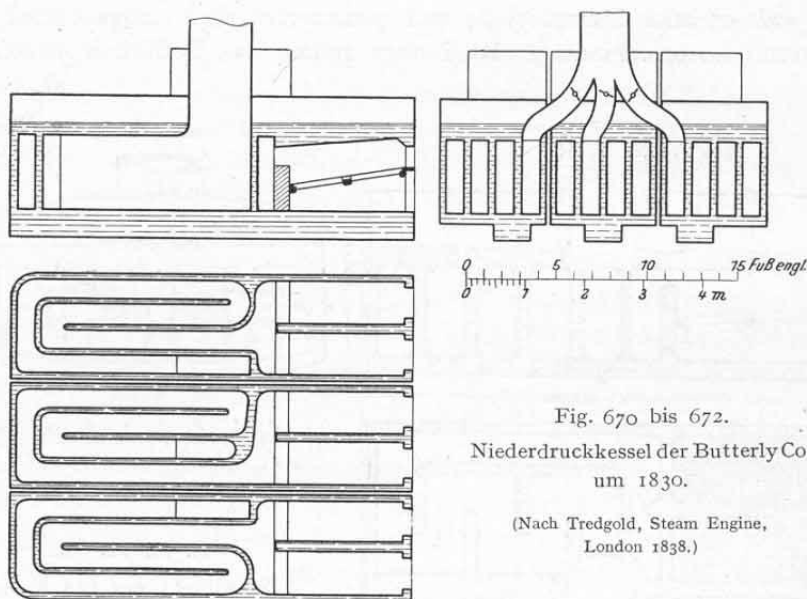


Fig. 670 bis 672.

Niederdruckkessel der Butterly Co.
um 1830.

(Nach Tredgold, Steam Engine,
London 1838.)

hergestellt. Schließlich aber verdrängte auch hier das Eisen jeden anderen Baustoff. Auch in bezug auf die Verankerung zeigen sich die verschiedensten Ausführungen.

Einen Niederdruckkessel mit senkrechten Wasserkammern zeigen die Fig. 667 bis 669. Es ist einer der 1838 von Freund in Berlin für das Kgl. Postdampfschiff „Friedrich Wilhelm“ ausgeführten Kessel. Die Maschinen waren 1818 in Soho erbaut.

Die Kesselbleche sind $\frac{5}{16}$ Zoll (7,9 mm) stark und greifen 2 Zoll (51 mm) übereinander; der Nietabstand der $\frac{5}{8}$ zölligen (15,8 mm) Nieten beträgt 2 Zoll. Der Schornstein ist bis auf 9 Fuß (2,7 m) Höhe mit einem weiten Mantel versehen, der bis unter den Wasserspiegel reicht und als Vorwärmer für das Speisewasser dient.

Eine andere Bauart dieser „Labyrinth“-Kessel, Fig. 670 bis 672, wurde in den 30er Jahren von der Butterly-Gesellschaft mehrfach

für englische Kriegsschiffe ausgeführt. Drei nebeneinanderliegende Kessel bilden eine Einheit. Die im Querschnitt erkennbaren unteren rechteckigen Ansätze haben vorn Öffnungstüren und sind angebracht, um das Befahren des Kessels zum Reinigen und Reparieren zu erleichtern.

Bei dem in den Fig. 673 bis 675 abgebildeten Kessel französischer Konstruktion, der mit Ausnahme des Schornsteines ganz aus Kupfer hergestellt ist, sind die oberen Platten der Feuerzüge zur Vergrößerung der Heizfläche wellenförmig eingebogen. Der Kessel war für 2 Pfd./Qu.-Zoll (0,14 kg/qcm) Überdruck bestimmt und hatte Dampf für eine 20 pferdige Maschine zu liefern. Ein Standrohr ging von oben in den Kessel; ihm verdanken wohl diese Kessel das Beiwort „inexplosibles“.

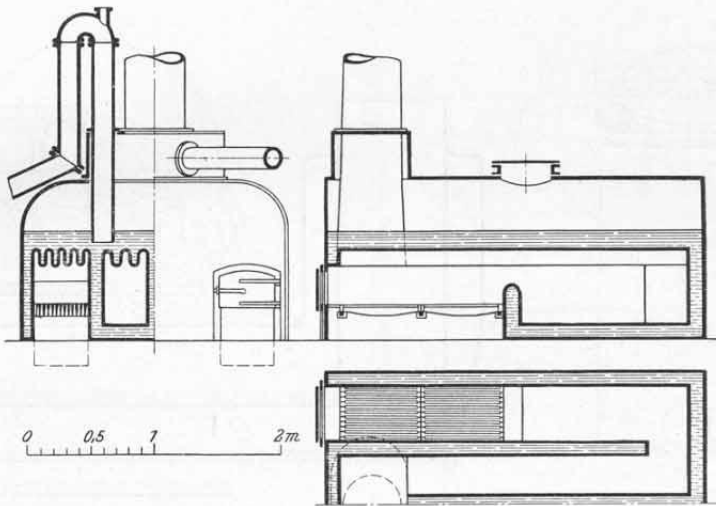


Fig. 673 bis 675. Kupferner Niederdruckkessel, Frankreich um 1830.
(Nach Handzeichnung des deutschen Museums.)

In Amerika hat man frühzeitig Kessel von möglichst zylindrischem Querschnitt benutzt, weil man wesentlich höheren Dampfdruck verwendete. Die Fig. 676 und 677 zeigen den 1816 erbauten Kessel des Dampfschiffes „Chancellor Livingston“ (Maschine s. S. 634), bei dem zylindrische Feuerröhren eingebaut sind. Die beiden mittleren Röhren gehen von der Feuerkammer aus, die rückkehrenden Rohre münden dann durch zwei schräge Rohrstücke in den Schornstein. Der Kessel war 7,7 m lang, 3,74 m breit und jede der Feuerröhren hatte 660 mm Durchmesser. Die Wasserhöhe über den Feuerröhren war verhältnismäßig niedrig. Durch das Schwanken des Schiffes konnten sie leicht vom Wasser entblößt werden; und dadurch mag damals manche der vielen furchtbaren Kesselexplosionen entstanden sein. Die Kessel waren meistens aus Kupfer gefertigt.¹⁾

¹⁾ s. Marestier, Bateaux à vapeur, Paris 1824.

Später, in den 30er Jahren, kamen bei den amerikanischen Flußdampfern vielfach Kessel, wie sie Fig. 679 zeigt, vor. Drei Rohrreihen, die mittelste mit dem kleinsten Durchmesser, sind so übereinander angeordnet, daß die Heizgase auf dem Hinwege die beiden unteren Reihen durchströmen, um dann durch die oberen vier Rohre zum Schornstein zu gehen. Die Heizfläche verhielt sich zur Rostfläche wie 22:1. Der Rost war für Holzfeuerung eingerichtet.

Walzenkessel, Siederrohrkessel und Flammrohrkessel in Verbindung mit Siederöhren führten sich bei höheren Dampfdrücken ein.

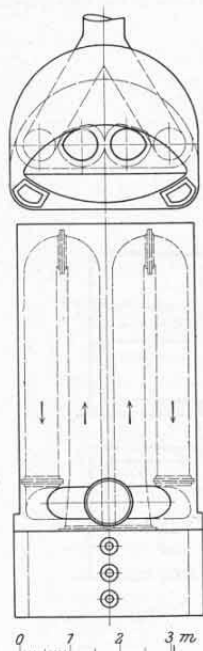


Fig. 676 und 677.

Amerikan. Schiffskessel 1816.

(Nach Marestier, Bateaux à vapeur.)

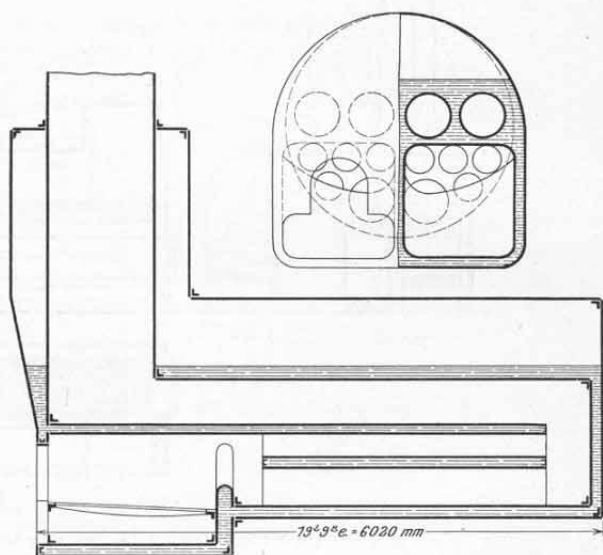


Fig. 678 und 679.

Dampfkessel mit Rauchröhre um 1830.

(Nach Hodge, Steam Engine, New York 1840.)

Einen von der „Gutehoffnungshütte“ 1834 für die von Roentgen entworfene Verbundmaschine des Dampfschiffes „Kronprinz von Preußen“ erbauten Kessel für höheren Druck zeigen die Fig. 680 und 681. Der Kessel besteht aus 11 Zylindern von je $15\frac{1}{4}$ Fuß (4,64 m) Länge. Sie sind in drei Lagen übereinander angeordnet, ihre Wasserräume sind durch schräge Verbindungsrohre miteinander verbunden. Schmale mit Wasser gefüllte Wände grenzen die Züge nach außen hin ab und dienen als Speisewasservorwärmer.¹⁾

Für die von Roentgen 1840 erbauten Moselboote wurden Lokomotivkessel normaler Anordnung mit künstlichem Zug verwendet.²⁾

¹⁾ s. Nottebohm, Zeichnungen, Berlin 1841.

²⁾ s. Engineer 1891, Bd. I, S. 63.

Einen sehr bemerkenswerten Hochdruckschiffskessel mit Unterwindgebläse und geschlossenem Aschfall entwarf auch Ericsson 1829 und 1830 zu der Zeit, als er bei Cockerill in Seraing war.¹⁾

Die Feuerbüchse, die noch in Seraing zu sehen ist, ist ein Meisterstück von Schmiedearbeit. Sie war aus einem Stück geschmiedet. Die Röhren bestanden aus Kupfer und waren schlangenförmig im Kessel angeordnet. Die Luft wurde durch eine Art Blasebalg, der durch eine besondere Maschine bewegt wurde, geliefert. Der Kessel, der wohl als der erste Schiffskessel mit Unterwindgebläse und geschlossenem Aschfall anzusehen ist, bewährte sich nicht. Nachdem Cockerill für Versuche mit verschiedenen

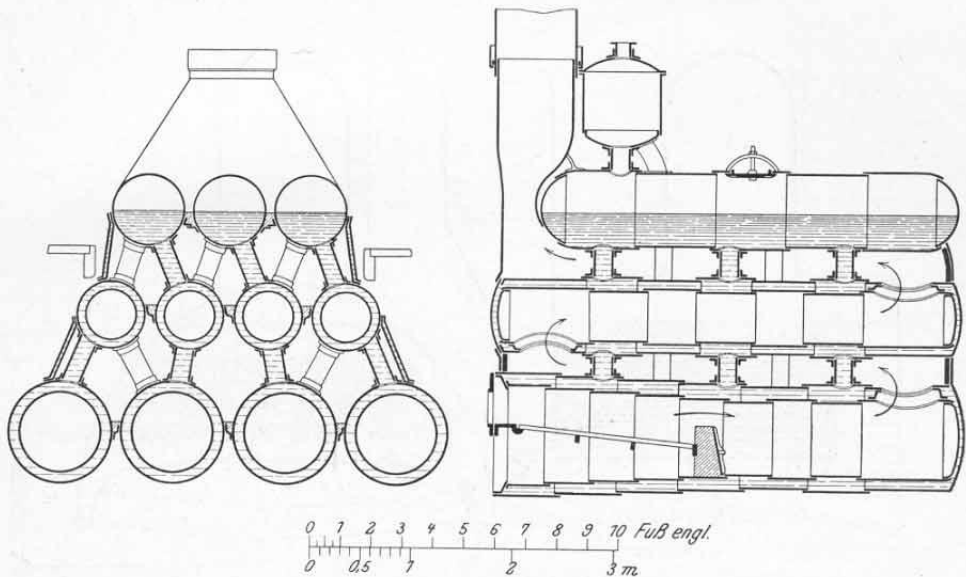


Fig. 680 und 681. Schiffskessel für höheren Dampfdruck von der Gutehoffnungshütte 1834.
(Nach Originalzeichnung.)

Formen solcher Kessel 70000 Fr. ausgegeben hatte, gab er die Hoffnung auf. Ericsson ging nach England, und das Schiff, für das der Kessel bestimmt war, bekam einen gewöhnlichen Niederdruckkessel.

Der Röhrenkessel, der sich bei den Lokomotiven auf das beste bewährte, kam auch immer mehr als Schiffskessel in Aufnahme. In Frankreich wurde er bereits 1828 von Séguin ausgeführt. Gengembre führte ihn 1834 zuerst als Schiffskessel für das Kriegsschiff „Le Vautour“ aus; aber dieser erster Versuch fand keine Nachahmung. 1838 wandte auch Penn Röhrenkessel an. Ihre allgemeine Einführung beginnt Anfang der 40er

¹⁾ Die Originalzeichnungen hierzu werden in dem Archiv zu Seraing aufbewahrt. Sie sind unter anderm veröffentlicht in der Z. d. V. d. Ing. 1891, S. 845. Die Konstruktion des Kessels und die Einrichtung mit Unterwindgebläse hat Ericsson auch bei seiner Lokomotive Novelty wieder verwertet.

Jahre. Auch hier finden sich die verschiedensten Anordnungsformen. Eine bemerkenswerte amerikanische Konstruktion zeigt Fig. 682. 250 Heizröhren von je $2\frac{1}{2}$ Zoll (63,4 mm) Durchmesser durchziehen den Kessel; die Rostfläche beträgt 70,5 Quadratfuß (6,5 qm).

Bei den amerikanischen Hochdruckmaschinen, bei denen Kesseldrücke von 35 bis 150, ja in manchen Fällen von 200 Pfd./Qu.-Zoll (14 kg/qcm) vorkamen, wurden auch Kessel von rein zylindrischem Querschnitt frühzeitig verwendet.

Röhrenkessel, die meistens als einfache Kessel aber auch als Doppelkessel ausgeführt wurden, verdrängten schließlich auch in Europa die alten flachwandigen Kessel. Die Fig. 684 und 685 zeigen Kessel, wie sie

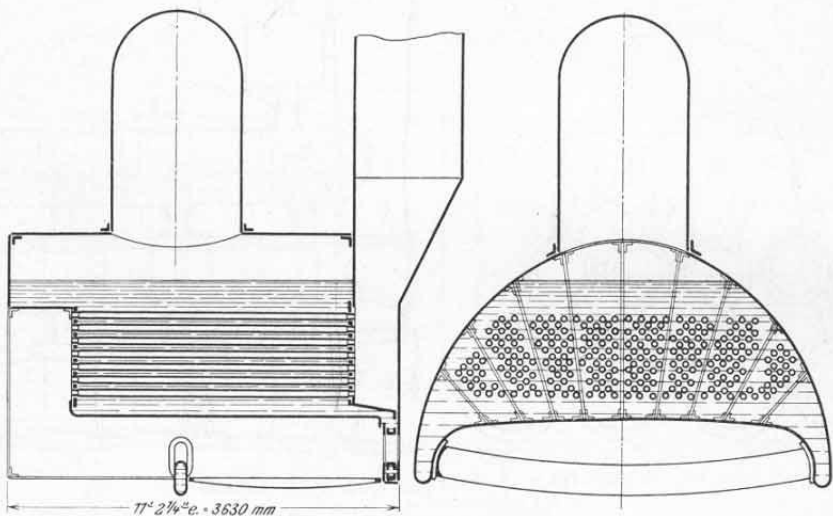


Fig. 682 und 683. Heizröhrenkessel in Amerika um 1835.

(Nach Hodge, Steam Engine, New York 1890.)

Escher Wyss 1846 für ein Rhone-Schiff baute. Die Heizröhren, die in sechs Schichten übereinanderliegen, sind aus Messing. Konstruktion und Anordnung des ganzen Kessels ergibt sich zur Genüge aus der Figur.

Andere Röhrenkessel zeigen für große Heizfläche auch zwei Rohrsysteme übereinander, von dem das eine nach der einen, das andere nach der entgegengesetzten Richtung von Feuergasen durchströmt wurde. Auch Kessel, bei denen die Rohrbündel nicht in der Kesselachse, sondern senkrecht dazu, also quer zur Feuerung lagen, kamen vor. Zwei Kessel wurden um den in der Mitte liegenden Schornstein so gruppiert, daß die Heizgase von der Außenwand der Kessel her in das Rohrsystem eintreten und nach dem Schornstein zu abströmen konnten. Ferner gab es Röhrenkessel bei denen das ganze Rohrsystem in der Mitte des Kessels zwischen den Feuerungen oder seitlich von ihnen angeordnet war. Einen Rück-

schritt bedeuteten die Kessel, bei denen man sich bemühte, die Röhren wieder durch flache Kammern zu ersetzen.

Auch Röhrenkessel, bei denen von der Heizkammer aus die Flammen unmittelbar die Röhren durchziehen, genau wie beim Lokomotivkessel, sind als Schiffsmaschinenkessel ausgeführt worden. So unter anderen von Penn 1855 für die große Anzahl von Kanonenboote, die er für die englische Regierung in kürzester Zeit zu liefern hatte. Die Heizröhren waren aus Messing; die Kessel arbeiteten mit 90 Pfd./Qu.-Zoll (6,3 kg/qcm) Dampfdruck; ihre Konstruktion veranschaulichen die Fig. 686 bis 688.

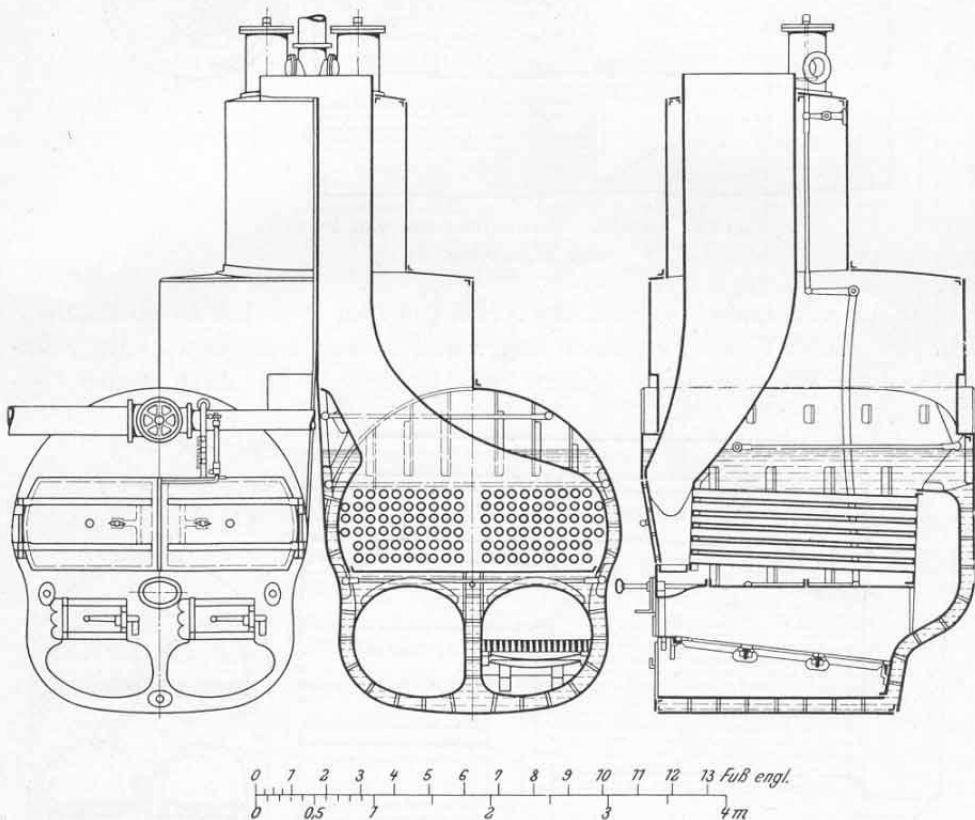


Fig. 684 und 685. Schiffskessel von Escher Wyss in Zürich 1846.

(Nach Originalzeichnung.)

Eine interessante Konstruktion eines Röhrenkessels, wie er 1841 von der Maschinenfabrik Buckau für das Schiff „Stadt Hamburg“ ausgeführt wurde, zeigen die Fig. 689 und 690. Vier Feuerungen, je zwei übereinander sind in die mächtige Feuerbüchse eingebaut. Ein 4,3 m langes und 813 mm weites Rohr, das durch vier Stützen mit Kessel und Feuerbüchse verbunden ist, dient als Dampfsammler.

Auch Wasserrohrkessel finden sich bereits bei den ersten Dampfschiffen. Schon Barlow hatte sich 1793 einen Wasserrohrkessel als „Schiffsdampf-

kessel“ in Frankreich gesetzlich schützen lassen. Er wollte damit eine möglichst große Heizfläche bei kleinem Raumbedarf und geringem Gewicht erzielen. Fulton hat dann 1803 diesen noch heute in dem Conservatoire des Arts et Métiers in Paris aufbewahrten Kessel bei seinen Dampfschiffsversuchen auf der Seine benutzt.

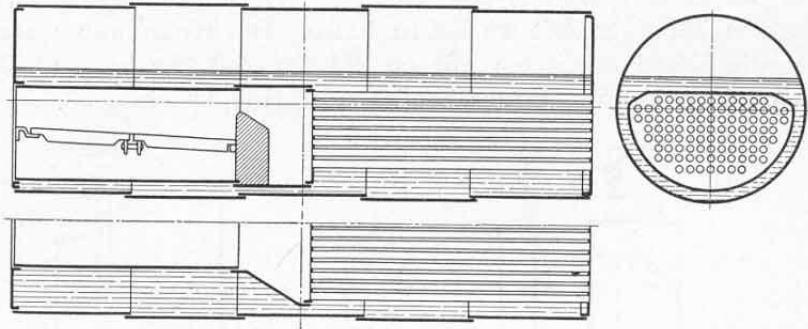


Fig. 686 bis 688. Heizröhrenkessel von Penn 1855.

(Nach Engineer 1898, Bd. I.)

In Amerika hat Stevens schon bei seinem 1804 erbauten Zweischraubendampfer einen Wasserrohrkessel angewendet. Von einer in der Mitte angeordneten Wasserkammer gingen strahlenförmig, an ihren Enden ge-

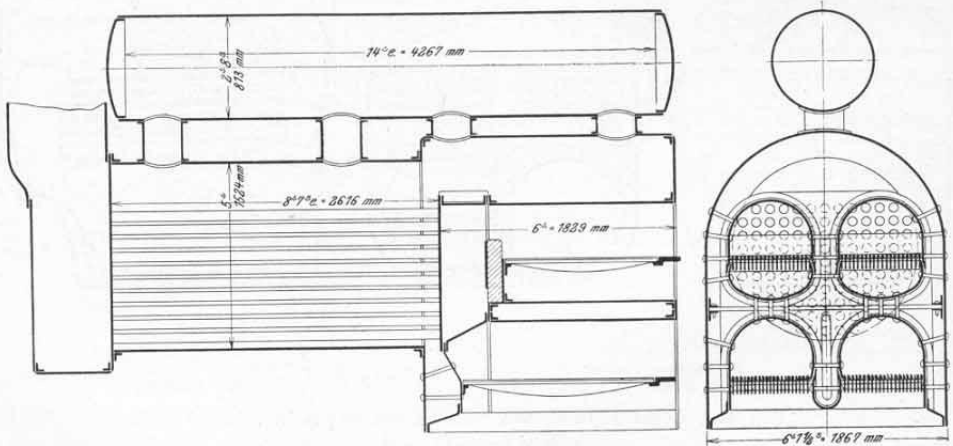


Fig. 689 und 690. Röhrenkessel von der Maschinenfabrik Buckau 1840.

(Nach Originalzeichnung.)

schlossene Röhren aus, zwischen denen die Heizgase hindurch strömten. Das äußere Aussehen verschaffte ihm den Namen „Stachelschweinkessel“. Den ganzen Kessel umgaben Doppelwände, die mit schlechten Wärmeleitern gefüllt waren.¹⁾

¹⁾ s. Journal of the Franklin Institute, Sept. 1871. S. 147, Engineering, 5. Januar 1872, S. 8.

Bei diesen ersten Versuchen blieb es allerdings, bis dann in den 30er Jahren wieder vereinzelte Konstruktionen von Wasserrohrkesseln auftauchten. So versuchte Fairbairn in London, bei den Kesseln für das Dampfboot Delphin die Wasserrohrkessel mit den alten Labyrinthkesseln zu vereinigen.¹⁾

Auch das sächsische Dampfboot „Prinz Albert“ war 1837 schon mit einem Wasserrohrkessel ausgerüstet, den die Übigauer Werkstätten bei Dresden nach dem Entwurf des Prof. Schubert ausgeführt hatten. Die Konstruktion dieses interessanten Kessels zeigt Fig. 691. Da die Leistung aber nicht genügte, so wurde er 1840 mit- samt der Maschine durch eine neue von Penn erbaute Maschinenanlage ersetzt. Die neuen Kessel waren Heizrohrkessel mit 155 messingenen Heizröhren.²⁾

Auch Penn hat bereits in den 40er Jahren einige Wasserrohrkessel erbaut. Die Bauart zeigen die Fig. 692 bis 694. Der Kessel ist in seinem Inneren durch mit Wasser gefüllte Zwischenwände in drei Kammern geteilt, von denen jede ihre eigene Feuerstelle hat. Der Dampf wird aus dem oberen Teil eines geräumigen Dampfsammlers durch ein nach innen gehendes senkrecht Roh, das ein vielfach durchlöcher- tes Ende hat, entnommen. Der Kessel, der nur mit 8 Pfd./Qu.-Zoll (0,56 kg/qcm) Über- druck arbeitete, ist lange Jahre im Betrieb gewesen und hat sich gut bewährt.³⁾

In Amerika kam Ende der 50er Jahre der Martin-Kessel auf, bei dem die rück- kehrenden Heizgase zwischen Wasserrohren hindurchgehen. Er fand in Amerika große Verbreitung. Die Entwicklung der Wasserrohrkessel und die Anwendung der Überhitzer, die in den 50er und vor allem in den 60er Jahren auf dem Dampfschiff eine große Rolle spielten,⁴⁾ wird im nächsten Teil noch behandelt werden.

Auch die Kesselarmatur nahm naturgemäß an der Entwicklung des ganzen Kessels teil. Aber auch hier ging es zuerst sehr langsam vorwärts. Noch in den 30er Jahren wurden z. B. Wasserstandsgläser noch lange nicht allgemein angewendet. Man suchte noch immer mit zwei Proberhähnen

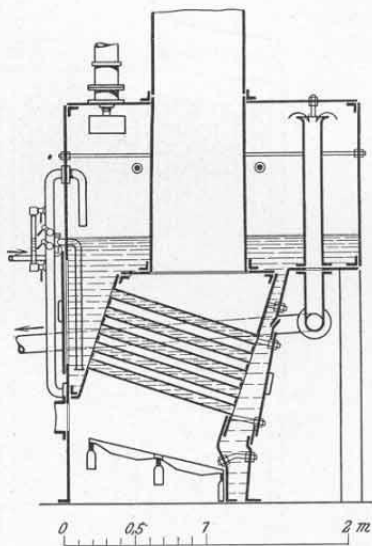


Fig. 691. Wasserrohrkessel von Schubert in Übigau 1837.

(Nach Zivilingenieur 1890.)

¹⁾ s. Nottebohm, Zeichnungen. Berlin 1841. S. 19, Tafel 11.

²⁾ s. Fischer, Einführ. u. Entw. d. Dampfschiffes auf der Elbe. Zivilingenieur 1890, S. 278.

³⁾ s. Engineer, 1897 Bd. II, S. 415.

⁴⁾ s. Burgh, Marine Engineering, London 1867, S. 152 bis 174.

auszukommen. Damit aber war es oft kaum möglich, den Wasserstand richtig zu ermitteln. Wurde die Maschine angelassen, so fiel der Druck im Kessel unter den äußeren Luftdruck, machte man dann den Hahn auf, so trat Luft ein statt Wasser aus. Man ermittelte wohl dann den Wasserstand durch Hammerschläge an der vorderen Wand des Kessels.¹⁾

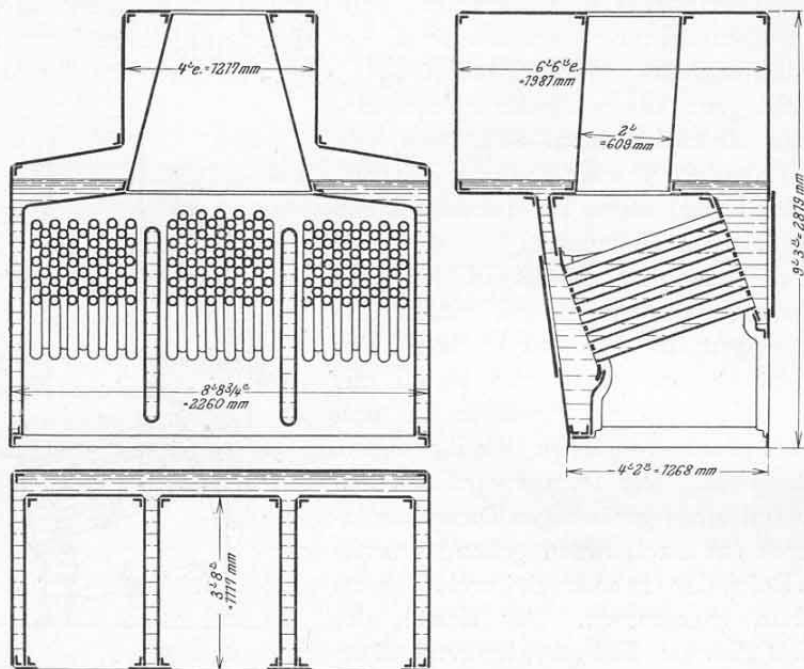


Fig. 692 bis 694. Wasserrohrkessel von Penn um 1845.

(Nach Engineer 1897, Bd. II.)

Unter solchen Verhältnissen kann es auch nicht wundernehmen, daß man gegen das, was man damals schon „höheren Druck“ nannte, fast abergläubische Befürchtungen hegte. Wer über 5 oder 6 Pfd./Qu.-Zoll (0,35 bis 0,42 kg/qcm) Überdruck ging, galt als einer, der „gefährliche Neuheiten“ einführen wollte.

¹⁾ s. Bourne, Engineer 1875, Bd. II, S. 307.

X.

Der Dampfwagen auf gewöhnlichen Strafsen.

Das erste Dampfautomobil. — Cugnot. — Versuche in Amerika. — Evans und Read. — Watt und Murdock. — Trevithicks erster Dampfwagen. — Der Dampfwagen in London. — Weitere Erfinder. — Die Kessel der Dampfwagen. — Kessel von Gurney und Hancock. — Hancocks Dampfwagen. — Betriebsangaben.

Schon Papin und Savery planten, Wagen mit Dampf zu betreiben. Sie kamen ebensowenig über die Idee hinaus, als Dr. Robison in Glasgow, der 1759 seinem Freunde Watt von seinem Plane, den Dampf zum Fortbewegen von Wagen anzuwenden, erzählte. Der erste, dem es gelang,

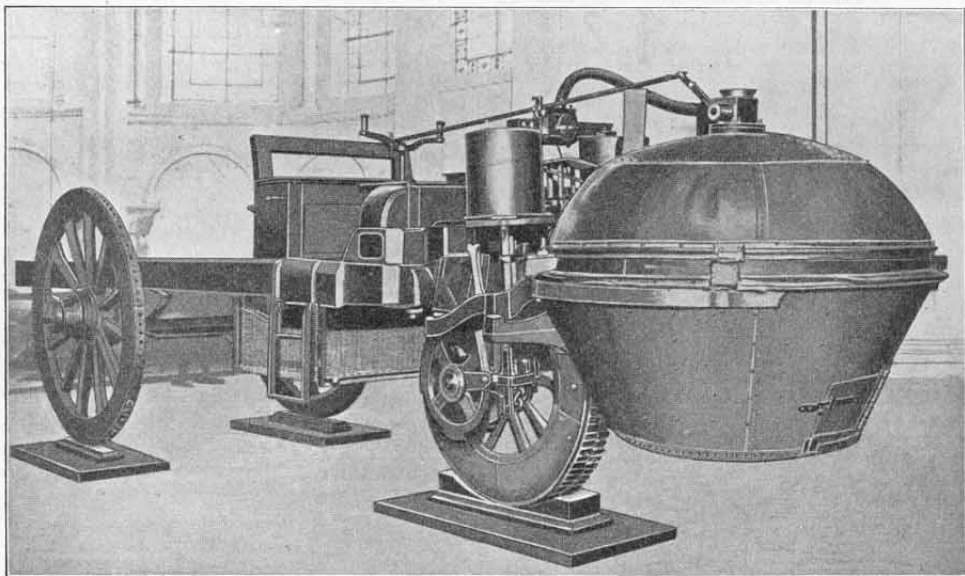


Fig. 695. Dampfwagen von Cugnot 1770.

(Conservatoire des Arts et Métiers, Paris.)

von der Idee zur praktischen Ausführung eines Dampfwagens fortzuschreiten, war der französische Artillerieoffizier Nicolas Josef Cugnot¹⁾, der 1769 auf Kosten der Regierung einen kleinen Dampfwagen erbaute. Die ersten Probefahrten, an denen auch der Kriegsminister Choiseul teilnahm, konnten nur wenig befriedigen. Nur eine Viertelstunde lang war der Wagen in Betrieb zu halten, dann brauchte man wieder ebensoviel Zeit zum Kessel speisen. Über eine stündliche Geschwindigkeit von etwa 4 km kam dieser erste Dampfwagen nicht hinaus. So gering der erste Erfolg auch war, die

¹⁾ Cugnot, 1725 in Void in Lothringen geboren, starb 1804.

maßgebenden Persönlichkeiten erkannten die Entwicklungsfähigkeit des Fahrzeuges und Choiseul beauftragte Cugnot, einen neuen wesentlich kräftigeren Wagen, der zum Transport schwerer Geschütze dienen sollte, zu bauen. 1770 war der Lastwagen — *fardier à vapeur* — betriebsfertig, Fig. 695 u. 696. Auf drei Rädern ruht ein mächtiger Rahmen aus schweren Eichenbalken. Vorn hängt frei in schmiedeeiserner Umfassung der den Dampferzeugern der ersten Feuermaschinen nachgebildete, teekesselförmige Kessel. Neben ihm stehen zwei bronzene, unten offene, einfachwirkende Zylinder von 330 mm Durchmesser und 330 mm Hub. Die Kolbenstangen wirken unter Zwischenschaltung eines Sperradgetriebes auf das vorn angeordnete Triebrad. Der Dampf wird durch einen zwischen den Oberteilen des Zylinders angeordneten Vierwegehahn verteilt, der durch Anschläge von der Kolbenstange aus mit Winkelhebeln und durch eine um die Zapfenachse geführte Kette abwechselnd hin- und hergedreht wird. Umgesteuert

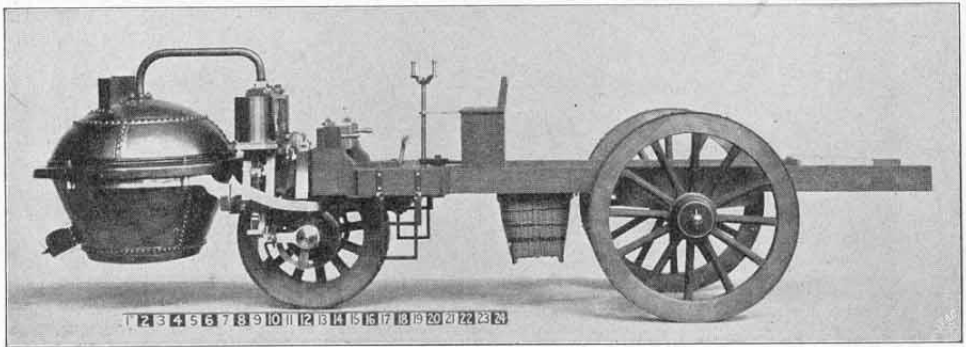


Fig. 696. Modell des Cugnot-Wagens.

(Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

wird die Maschine durch Umstellen der die Kolbenkräfte auf das Treibrad übertragenden Sperrklinken. Durch Drehen der Vorderachse läßt sich der Wagen vom Führersitz aus lenken. Da Maschine und Kessel bei dieser Anordnung mit zu bewegen war, muß trotz des benutzten Zahnradvorgeleges das Steuern des Wagens auch sehr muskelkräftigen Führern nicht leicht gewesen sein.

Der Wagen sollte eine Last von etwa 4500 kg mit einer stündlichen Geschwindigkeit von 2,25 Meilen (4 km) auf ebener Straße befördern.

Die erste Ausfahrt brachte den ersten Automobilunfall. Zu schwer lenkbar, rannte der Wagen gegen eine Mauer, deren Standfestigkeit er, ohne selbst viel Schaden zu leiden, siegreich überwand. Dieser Unfall verleidete es dem Erfinder, seine Versuche fortzusetzen, zumal auch durch den Rücktritt des Ministers Choiseul die Unterstützung der Regierung wegfiel.

Nur dem Umstande, daß der erste Dampfswagen staatlich kriegerischen Zwecken zu dienen bestimmt war, ist es wohl zu verdanken, daß man ihn

für wert hielt, aufbewahrt zu werden. Er gehört heute zu den größten Sehenswürdigkeiten der berühmten Sammlungen des „Conservatoire des Arts et Métiers“ in Paris.

Von 1772 an versuchte auch Oliver Evans, seine Hochdruckdampfmaschine für Dampfswagenzwecke zu verwenden. Ein 1786 nachgesuchtes Patent auf Dampfwagen wurde ihm, weil man die Ausführung für unmöglich hielt, abgeschlagen. Erst elf Jahre später erhielt er das Patent, aber auch da vergaß man nicht, Zweifel an der Ausführbarkeit besonders auszudrücken.

Im Winter von 1803 bis 1804 gelang es Evans, die erste Straßenlokomotive in Gang zu bringen. Als Maschine benutzte er eine seiner Hochdruckdampfmaschinen mit einarmigem Balancier. Erfolg hatte er auf diesem Gebiete nicht aufzuweisen; er mußte sich mit der Langsamkeit aller menschlichen Entwicklungen zu trösten versuchen.

Ohne praktischen Erfolg blieb auch ein zweiter Amerikaner, Nathan Read aus Massachusetts, der sich von 1788 an mit Dampfwagen beschäftigte und 1790 auch ein Patent auf einen Dampfstraßenwagen erhielt. Es war ein vierräderiger Wagen mit zwei wagerecht angeordneten Zylindern; die Kolbenstangen liefen in Zahnstangen aus, die in ein entsprechendes Getriebe eingriffen. Eine ähnliche Anordnung hatte auch Papin bereits zur Umwandlung der hin- und hergehenden in eine umlaufende Bewegung vorgeschlagen. Der Erfinder wollte auch den Rückdruck des Dampfes nutzbar machen und ließ deshalb den Dampf rückwärts ausströmen. Ein Modell seines Wagens, das er ausstellte, verschaffte ihm nicht die Unterstützung, auf die er gerechnet hatte.

In England finden wir in den fast alle Anwendungsmöglichkeiten der Dampfmaschine umfassenden Patenten Watts auch den Dampfwagen (Patent vom 28. April 1784). Watt selbst hat wohl kaum daran gedacht, Dampfwagen auszuführen. Er wollte seine Arbeitskraft zunächst allein der ortsfesten Dampfmaschine zuwenden; er wollte sich nicht zersplittern; deshalb wehrte er sich sehr gegen jede weitere Ausdehnung seiner Tätigkeit. In dem Patent wird die Anwendung eines zylindrischen oder kugelförmigen Kessels aus Holz oder dünnem Metall, den man durch umgelegte Bänder verstärken und mit innerer Feuerung versehen sollte, vorgeschlagen. Der Dampf sollte entweder ins Freie auspuffen oder in einem aus dünnen Metallplatten hergestellten Oberflächenkondensator überströmen, der so aufgestellt werden sollte, daß er beim Fahren dem Windstrom ausgesetzt wäre oder durch einen mittels Gebläse erzeugten Windstrom gekühlt werden könnte. Die Maschine hatte zwei doppeltwirkende Zylinder, die abwechselnd auf eine oder mehrere Achsen wirkten. Verschieden abgestufte Zahnradvorgelege sollten die Möglichkeit geben, bei schlechten Straßen oder bei Steigungen die Geschwindigkeit zu verringern. Die Kraftübertragung vom Kolben auf die Achse war mit Sperrädern gedacht. Watt gab an, daß für einen Wagen

von zwei Personen eine Maschine mit einem Zylinder, bei 30 Umdrehungen in der Minute und 2 at Dampfdruck, genügen würde.¹⁾

Dem Betriebsingenieur Watts, W. Murdock, gelang es, auch einen kleinen Modelldampfwagen auszuführen. In Redruth in Cornwall baute sich Murdock in den Feierstunden, die ihm seine angestrengte Tätigkeit, Wattsche Maschinen in dortige Gruben einzuführen, ließ, einen dreirädrigen Wagen, den er mit einer kleinen Maschine von $\frac{3}{4}$ Zoll (19 mm) Durchmesser und $1\frac{1}{2}$ Zoll (38 mm) Hub ausrüstete. Die schnellen flinken Bewegungen des kleinen Wagens wurden von allen bewundert.²⁾

Es scheint, als ob Murdock etwa drei solcher Dampfwagen sich gebaut habe, den letzten schon von beträchtlicher Größe. Aber Boulton und Watt,

die es nicht gerne sahen, daß die Arbeitskraft ihres tüchtigsten Beamten sich auf Sachen wandte, die so weit von ihrer eignen Fabrikation ablagen, scheinen ihn veranlaßt zu haben, sich nicht weiter damit zu beschäftigen.

Fig. 697 zeigt Murdock's Dampf-dreirad, von dem eine Nachbildung sich im Kensington-Museum befindet.³⁾ Der kastenförmige kupferne Kessel mit gelöteten Verbindungen ist hinter der Treibachse angeordnet. Der $\frac{3}{4}$ Zoll weite Zylinder ist in den Kessel so

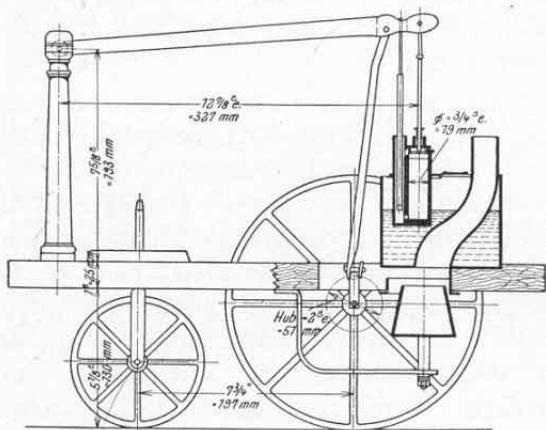


Fig. 697. Murdock's Dampf-wagen 1781 bis 1786.

(Nach Engineer 1881, Bd. I.)

eingebaut, daß nur der obere Teil hervorsteht. Die Maschine ist doppelwirkend; die Kolbenstangen greifen an einem langen einarmigen Hebel an, von dem aus unmittelbar neben dem Zylinder mit Schubstange und Kurbel die Kraft auf die Treibachse übertragen wird. Der Dampf wird durch eine Art Rohrschieber, der durch Anschlagen des Balanciers an seitlich angeordnete Mitnehmer der Schieberstange bewegt wird, verteilt. Der Kessel wird mit Spiritus von einem unter ihm angeordneten kleinen Metallbehälter aus geheizt.⁴⁾

¹⁾ s. Muirhead, Mech. Invent. of James Watt, London 1851.

²⁾ Der Vertreter Watts berichtete 1786 hoch erfreut über den Erfolg des kleinen Wagens. Boulton kam im September 1786 nach Cornwall [und schrieb an Watt: „daß die kleine Maschine, beladen mit Kohlschaufel, Feuerzange und Schüreisen, in Rivers großem Zimmer umherlaufe“.

³⁾ Das Original, von W. Murdock in den Jahren 1781 bis 1786 erbaut, wird in der Birmingham Art Gallery aufbewahrt.

⁴⁾ s. Engineer 1881, Bd. I, S. 432.

Weiter als alle seine Vorgänger, bereits zu sehr beachtenswerten Erfolgen, führte Richard Trevithick den Dampfwagen.

Schon 1797 erbaute Trevithick einen kleinen Versuchswagen, der zur Zufriedenheit arbeitete und zur Freude aller Besucher Trevithicks auf dem Tisch oder in der Stube umherlief.

Das Maschinchen, Fig. 698 u. 699, besteht aus einem doppeltwirkenden, senkrecht angeordneten Zylinder von 38 mm Durchmesser und 92 mm Hub. Der Zylinder hängt fast ganz in den Kessel hinein. Die Kolbenstange durch Gleitbahnen geradegeführt, überträgt durch zwei Schubstangen die Kraft auf die Treibachse, von der aus mittels Zahnradübersetzung von 1:3 eine Welle mit Schwungrad betrieben wird. Das Schwungrad hielt man bei nur einem Zylinder für notwendig, um über den toten Punkt hinwegzukommen. Der Dampf wird durch einen Vierweghahn verteilt, der mit Hebeln und Anschlägen von der Kolbenstange aus betätigt wird. Der zylindrische Kessel hat ein ovales Flammrohr, in das ein in besonderem Feuer stark erhitzter gußeiserner Block eingeschoben wird, der also während der Fahrt als rauchlose selbsttätige Feuerung dient. Unter der Vorderachse sind zwei Füße mit Gewinde so eingeschraubt, daß sie, entsprechend verlängert, die Maschine stützen und feststellen, so daß sie als Betriebsmaschine benutzt

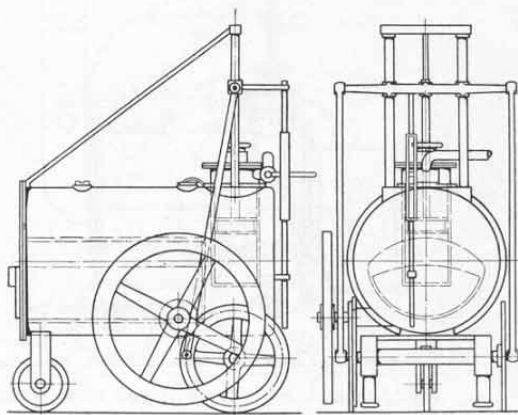


Fig. 698 und 699. Trevithicks Dampfwagen 1797.
(Nach Fr. Trevithick, *The life of R. Trevithick*, London 1872.)

werden kann. Bevor aber Trevithick daran ging, die Versuche im großen fortzusetzen, wollte er sich überzeugen, ob die damals verbreitete Ansicht, die Reibung der Räder sei zu gering, um den Wagen von einer an den Rädern unmittelbar angreifenden Kraft bewegen zu können, berechtigt sei. Im Sommer 1801 machte er mit seinem Freunde David Gilbert einen einfachen Versuch. Sie belasteten einen normalen Wagen und bewegten ihn durch Drehen der Räder, in deren Speichen sie eingriffen. Zu ihrer Genugtuung trat das so sehr gefürchtete Gleiten der Räder nur so wenig auf, daß es praktisch nicht in Frage kam. Ein großer Dampfwagen wurde daraufhin sofort in Angriff genommen und am Weihnachtsabend 1801 das erste Mal in Betrieb gesetzt.¹⁾

Captain Dick, so nannte man Trevithick in seinem Heimatsorte, fuhr kühn die Fahrstraße entlang und ließ von den neugierigen Zuschauern soviel

¹⁾ s. F. Trevithick, *Life of R. Trevithick*, London 1872.

aufspringen, als die Maschine Platz bot. Etwa sieben oder acht Personen sollen diese erste Fahrt mitgemacht haben. Einer von ihnen erzählte später noch begeistert, wie der Wagen, den das Volk als „puffenden Teufel“ bezeichnete, selbst eine beträchtliche Steigung „wie ein kleiner Vogel“ hinaufgekommen sei. Am nächsten Tage aber verliefen die Versuche nicht so glänzend; einige gußeiserne Maschinenteile zerbrachen, und die Fahrt mußte aufgegeben werden; aber die Möglichkeit, Dampfwagen auf Straßen zu betreiben, war nachgewiesen.

Trevithick fand jetzt in seinem Vetter Vivian auch einen Teilnehmer, der mit ihm gemeinsam ein Patent auf die Hochdruckmaschine und den Dampfwagen nachsuchte, das sie 1802 auch erhielten.

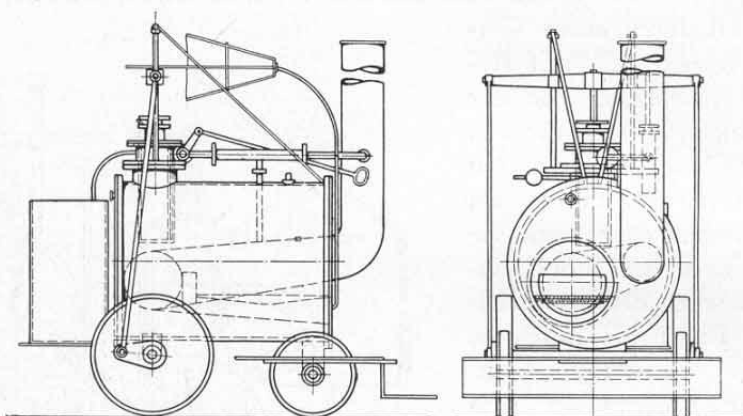


Fig. 700 und 701. Trevithicks erste Straßenlokomotive in Camborne 1801.

(Nach Fr. Trevithick, *The life of R. Trevithick*, London 1772.)

Die Bauart dieses ersten Dampfwagens, der mit rund 4 at Dampfdruck arbeitete, zeigen die Fig. 700 und 701. Der zylindrische gußeiserne Kessel wird von einem rückkehrenden schmiedeeisernen Flammrohr mit Innenfeuerung durchzogen; der Dampfzylinder hängt von oben tief in den Kessel hinein. Von dem breiten Querhaupt der Kolbenstange wird mit zwei Schubstangen die Treibachse betrieben. Die Dampfverteilung besorgt ein Hahn; der Abdampf geht durch einen über dem Kessel angeordneten Vorwärmer in den Schornstein. Ein über der Maschine angeordneter Blasebalg, der von der auf- und niedergehenden Kolbenstange angetrieben wird, dient zum Anfachen des Feuers. Dieser Blasebalg bewährte sich nicht, Trevithick ließ ihn schon bei seinen nächsten Dampfwagen weg.

Ein zweiter Dampfwagen, der, 1802 in Camborne versucht, im Januar 1803 nach London gesandt wurde und dort in der Hauptstadt das Interesse der einflußreichen Kreise auf sich zog, zeigte bereits wesentliche Verbesserungen, Fig. 702. Er war beträchtlich leichter und der liegend angeordnete Zylinder ließ größere Gleichmäßigkeit der Bewegung erreichen. Auch die großen Räder waren bei den schlechten Straßen günstiger.

Zwischen zwei 8 Fuß (2,4 m) großen Treibrädern ist der schmiedeeiserne Kessel mit Maschine und Wagenkasten angeordnet. Vorn befindet sich ein kleineres Steuerrad. Der Zylinder ist wagerecht in den Kessel eingebaut; von ihm aus wird die Treibachse mit Schubstange und Kurbel und einem Zahnradvorgelege angetrieben.

Der Wagen faßte acht bis zehn Personen und erreichte eine stündliche Geschwindigkeit von 5 bis 6 (rund 8 bis 9,6 km), zuweilen auch 8 bis 10 Meilen (12,8 bis 16 km). Viel Schwierigkeiten machte der Rost, dessen Stäbe sich bei den schlechten Wegen so lockerten, daß die Kohlen hindurchfielen. Der Abdampf ging in den Schornstein.

In London erregte diese neueste Anwendung der Dampfkraft das größte Aufsehen. Berühmte Männer, unter ihnen Davis Gilbert und Homfray beabsichtigten das Automobil und waren über die Erfindung des Lobes voll.

Die praktischen Erfolge aber waren, vor allem wegen der schlechten Straßen, so gering, daß Trevithick sich nicht weiter um die Entwicklung der Dampfwagen für gewöhnliche Straßen kümmerte. Da sein und seines Teilhabers Geld durch die Versuche aufgebraucht war, so wurde der Dampfwagen sehr billig verkauft und die Dampfmaschine zur Betriebsmaschine eines Bandedisenwalzwerkes umgebaut.

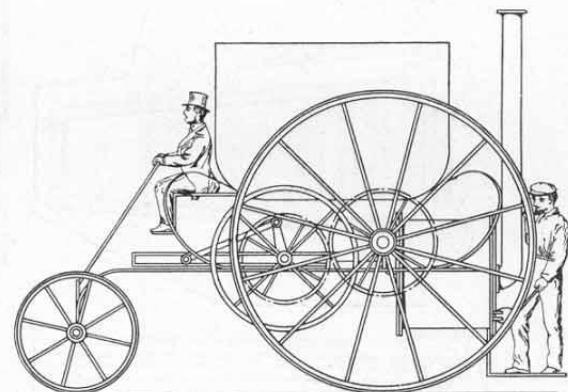


Fig. 702. Trevithicks Dampfwagen in London 1803.

(Nach Fr. Trevithick, *The life of R. Trevithick*, London 1872.)

Trevithick begann jetzt der Eisenbahnlokomotive sein ganzes Interesse zuzuwenden. Er versah eine Lokomotive ähnlicher Konstruktion wie sein erster Straßenwagen mit Spurrädern und ließ 1803 in Süd-Wales und 1804 in Newcastle die ersten Dampfwagen auf einer eisernen Bahn laufen. Und so beginnt mit Trevithick auch unsere heutige Eisenbahn mit Lokomotivbetrieb.

Der Dampfwagen beschäftigte auch nach Trevithick noch eine Zeitlang auf das eifrigste die Erfinder.

Neben technisch wertvollen Vorschlägen tauchten auch geistreich phantastische Ideen auf. Viele kamen aus den Akten des Patentamtes nicht bis in die praktische Wirklichkeit, und die es soweit brachten, verschwanden gewöhnlich sehr bald wieder, nachdem sie ihren hoffnungsreichen Schöpfer um bittere Erfahrungen bereichert hatten.

Besondere Schwierigkeiten machte man sich durch die allgemeine Befürchtung, die Räder müßten auf den Straßen gleiten. Statt durch ein-

fachen Versuch sich von der Grundlosigkeit dieser als Tatsache hingestellten Behauptung zu überzeugen, vergeudete man Zeit, Arbeit und Geld, um durch verwickelte Hilfsmittel nicht vorhandene Schwierigkeiten zu überwinden. Die Treibräder wurden an ihrem Umfange mit eisernen vorspringenden Nägeln, sogar mit krallenartigen eisernen Haken versehen, die sich sehr zum Schaden der Straßen in sie einbohren sollten. Ja, man wollte sogar durch geeignet angebrachte Schiebestangen die Tierfüße, die sich gegen den Boden stemmten und so den Wagen vorwärtsstießen, nach-

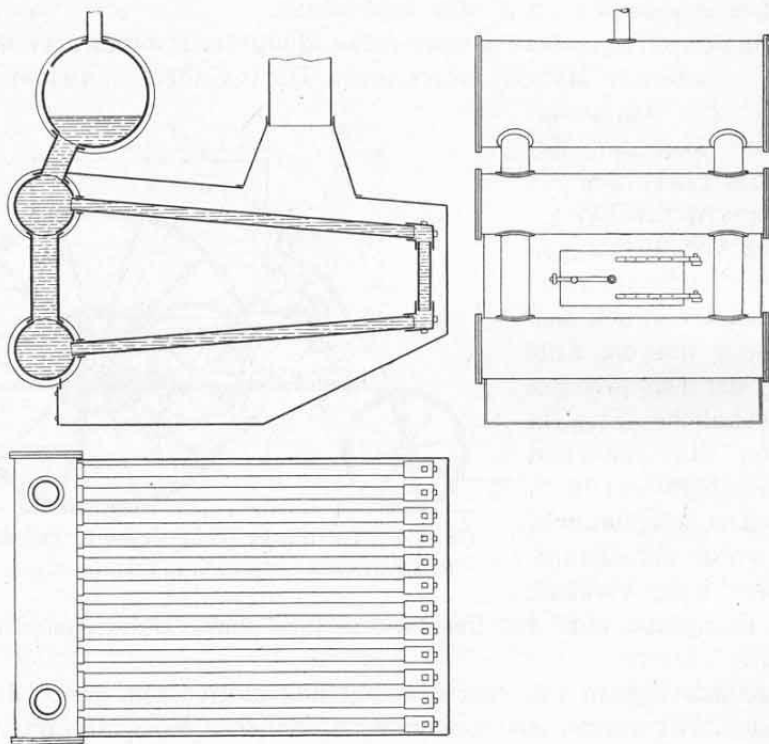


Fig. 703 bis 705. Wasserrohrkessel von Gurney 1830.

(Nach Lardner, The steam engine, 7. ed., London 1840.)

bilden. Solche „Füße“ wandte 1813 Brunton bei einer Eisenbahnlokomotive an. 1824 ließ sich David Gordon eine Treibvorrichtung für Straßenwagen schützen, die „in derselben Art wie Pferdefüße wirken sollte“.¹⁾ Man sah aber bald, daß es ohne Beine wesentlich besser ging, und ließ sie weg.

Das Haupterfordernis eines brauchbaren Dampfzuges war ein leichter, leistungsfähiger Kessel. Der Dampferzeuger beschäftigte deshalb vorwiegend die Erfinder. Die bei den Betriebsmaschinen üblichen Koffer- und Walzenkessel zu benutzen, verbot ihr Gewicht und ihr Raumbedarf. Hier mußten

¹⁾ s. Galloway, History and Progress of the Steam engine, London 1836.

neue Wege eingeschlagen werden; denn außer geringem Gewicht und kleinem Raumbedarf wurde auch möglichste Sicherheit gegen Explosion verlangt. So kam man zu Kesseln mit kleinem Wasserraum, zu Heizrohr- und Wasserrohr- oder sog. Kammerkesseln.

Am besten bewährten sich die Kessel von Gurney und von Hancock, die beide seit 1827 mehrfach gebaut wurden.

Gurneys Kessel, Fig. 703 bis 705, besteht aus mehreren nebeneinander angeordneten Rohrbündeln, die in zwei größere zylindrische Gefäße münden. Darüber liegt als Wasserabscheider und Dampfbehälter ein größerer Zylinder. Zwischen den Röhren, so, daß die untere Rohrreihe zugleich als Rost dient, findet die Verbrennung statt. Die Röhren waren sehr dünn, „Flintenläufen vergleichbar“, so daß vielfach durch starke Dampfbildung das Wasser fast ganz mitgerissen wurde. Die gewöhnliche Folge war, daß die Röhren durchbrannten. Das Feuer wurde zuerst durch einen von der Maschine angetriebenen Bläser angefacht, später aber ausschließlich durch Abdampf, der aber, um das Geräusch zu mildern, erst einen Auspufftopf passieren mußte!

Hancock, dessen Kessel Farey, einer der damals sachkundigsten Maschinenbauer, für den besten hielt, brauchte dünne flache Kammern, die er batterieartig in größerer oder geringerer Zahl zu einer Einheit verband, Fig. 706 und 707. Die flachen Kammern sind oben und unten durch Rohre verbunden. Der Länge nach hindurchgehende Schrauben und zwei Querbügel sichern den Zusammenhalt. Der für den Durchgang der Feuergase nötige Zwischenraum wird durch senkrecht angeordnete Zwischenstege, die auch das Ausbeulen der flachen Seitenwände zu verhindern haben, erreicht.

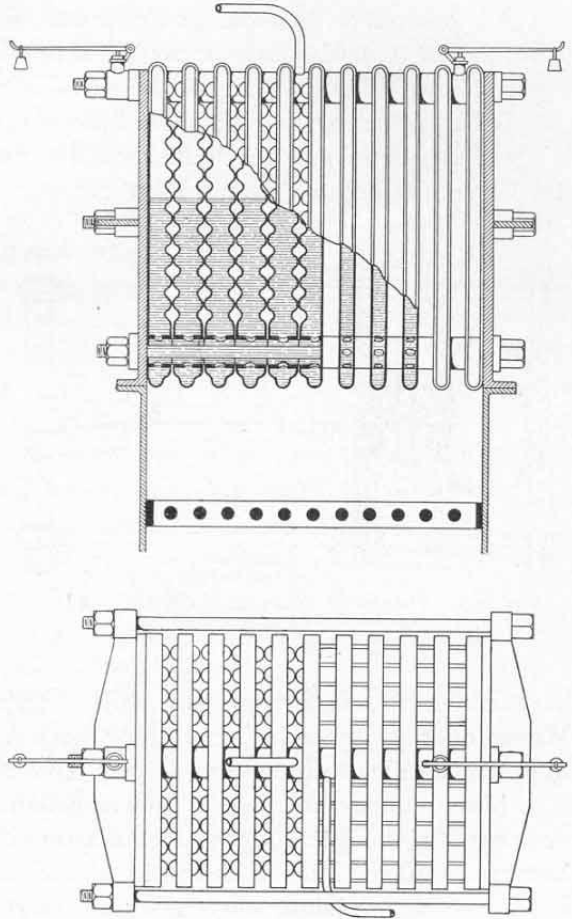


Fig. 706 und 707. Hancock's Dampfessel 1830.

(Nach W. Hancock, Steam-Carriages, London 1838.)

Demselben Zweck dienen auch die halbkugelförmige Ausbauschungen, die der Erfinder anstatt der Stege verwendete. Zur Reinigung waren an den Rohrenden mit Gewinde versehene Stöpsel angebracht. Als Vorteil der Konstruktion wurde besonders ruhigere Dampfbildung, als in dem Gurneyschen Röhrenkessel, ferner sehr kleiner Raumbedarf und leichtes Auswechseln schadhaft gewordener Kammern angeführt.¹⁾

Außer diesen beiden Arten von Wasserrohrkesseln wurden besonders für Straßenlokomotiven auch normale Heizrohrkessel verwendet.

Als besondere Sicherheitsvorrichtung dienten Schmelzpfropfen. Ferner gehörten auch damals schon zur notwendigen Armatur: Sicherheitsventile, Probierhähne, Wasserstandglas und gewöhnlich auch ein Kolbendruckmesser.

Die Rohrleitung war vielfach äußerst verwickelt. Bei dem Gurneyschen Wagen, bei dem der Kessel hinten, die Maschine unter dem Wagen und das Verteilungsorgan vorn am Führersitz sich befand, hatte man den Dampf-

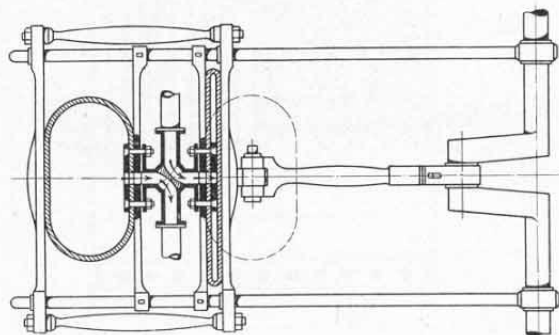


Fig. 708. Hancocks Dampfmaschine um 1845.

(Nach W. Hancock, Steam-Carriages, London 1838.)

rohren Schlangenwindungen zugemutet, wie heute etwa einer elektrischen Leitung. Riesiger Druckabfall bis zur Maschine konnte deshalb durchaus nicht überraschen. In diesem Falle gibt der Konstrukteur selbst ganz naiv zu, daß von den 5 bis 9 at, mit denen er im Kessel arbeitete, höchstens noch 1,4 at zum Zylinder kämen.

Die Maschine selbst erscheint in allen damals be-

kannten Anordnungsformen; sie findet sich als liegende Maschine unter dem Wagen oder in stehender Anordnung nach Art der sog. Hammermaschine im hinteren Teil des Automobils. Ferner kommen oszillierende Maschinen vorn oder hinten, auch unter dem Wagen eingebaut, vor; sogar die für diese Zwecke denkbar ungünstigste Form, die Balanciermaschine, ist bei einigen Dampfswagen benutzt worden. Eine seltsame Maschine die von Hancock herrührt und bereits früher erwähnt wurde (S. 482), zeigt Fig. 708. Die beiden Dampfzylinder sind zu „Gummibeuteln“ geworden; die zwei einander zugekehrten Seiten sind an einen festen Rahmen befestigt, der zugleich einen Vierwegehahn als Dampfverteilungsorgan umschließt. Die gegenüberliegenden Seiten der Gummibeutel sind mit beweglichen Rahmen verbunden, die, stopfbüchsenartig an den Tragstangen der Maschine geführt, durch eine Schubstange die Kraft der abwechselnd durch den Dampf aufgeblasenen Gummibeutel auf die Kurbelwelle übertragen. Hancock rühmt seiner gewiß

¹⁾ s. Hancock, Steam-carriages on common roads, London 1838.

eigenartigen „kolbenlosen“ Dampfmaschine mit Recht geringes Gewicht und kleinen Raumbedarf nach. Praktische Versuche mit einer vierpferdigen Maschine, die mit 4,2 at betrieben wurde, ließen ihn aber erkennen, daß er mit seinen Gummibeuteln nicht die von seinen Dampfwagen verlangte Kraftleistung erzielen konnte. Er ging deshalb zu oszillierenden Maschinen über, die er, wie Fig. 709 zeigt, über der vorderen Achse anordnete; später legte er die Maschinen in der gleichen Ausführung hinter den Kessel, um die Bedienung zu vereinfachen. Auch diese Konstruktion zeigte sich nicht genügend betriebssicher, zumal die Maschine allzusehr dem Straßenschmutz ausgesetzt war.

Hancock verließ deshalb auch diese Bauart sehr bald wieder und verwendete dann ausschließlich stehende Maschinen mit über der Kurbelwelle angebrachtem Zylinder. Die Maschine war unmittelbar neben dem Kessel angeordnet, vor den Unbilden der Witterung geschützt und leicht zugänglich.

Hancocks Dampfwagen, die sich von allen damals versuchten Konstruktionen auf das beste bewährten, zeigt Fig. 710.

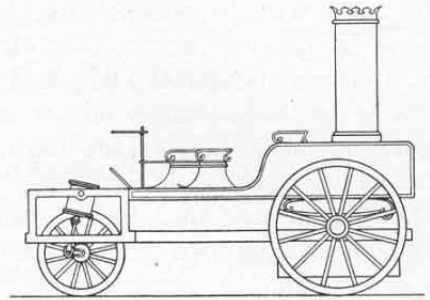


Fig. 709.

Hancocks Dampfwagen um 1830.

(Nach W. Hancock, Steam-Carriages, London 1838.)

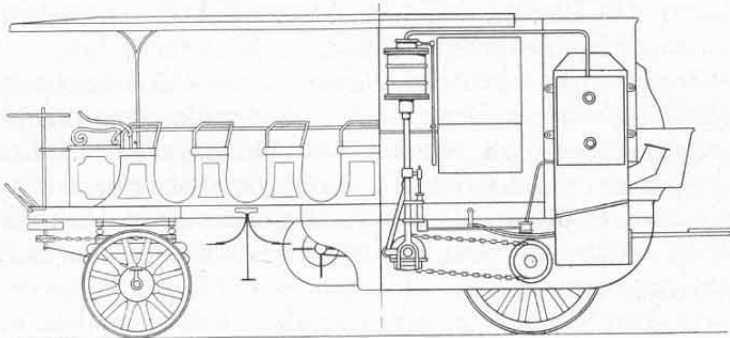


Fig. 710. Hancocks Dampfwagen 1831.

(Nach W. Hancock, Steam-Carriages, London 1838.)

Der erste derartige Wagen hieß „Infant“, um anzudeuten, daß die Entwicklung des Automobils sich noch in der Kindheit befinde und deshalb noch sehr viel erwarten ließe. Der „Infant“ kam 1831 auf der Strecke Stratford—London in Betrieb und war das erste Automobil, das in regelmäßigen Fahrten gegen Entgelt Personen beförderte.

Die Kraftübertragung von der Maschine auf die Treibachse geschah bei Hancock von der Kurbelwelle aus mit einem Kettenantrieb. Statt der

Kette verwendeten andere Erfinder auch schon Riemenbetrieb. Ferner finden sich Antriebe mit Sperrrädern und Klinken, auch unmittelbar an der Triebwelle angreifende Kurbeltriebe kommen vor.

Besondere Schwierigkeiten machte es, mit diesem Wagen auch nur geringe Steigung zu nehmen; Gefälle von 1:30 bis 1:35 hielt man für die äußerste Grenze. Zahnradvorgelege von verschiedenen Übersetzungen, je nach Wunsch einschaltbar, waren bekannt und wurden angewendet. Gewöhnlich aber fuhr man auf ebener Strecke mit stark gedrosseltem Dampf und öffnete dann bei Steigungen die Drosselklappe ganz. Einer der Erfinder spricht geheimnisvoll von seiner „Preparation“, die er vor jeder Steigung anstelle. Sie bestand darin, daß er vorher anhielt, das Feuer stark anfachte, gewöhnlich das Sicherheitsventil festband, um dann, wenn die Dämpfe „sehr stark“ waren, plötzlich loszufahren. Derselbe Automobilbesitzer schlug auch ernsthaft vor, Wagenräder verschiedener Größe mitzuführen und die Zugkraft nach Bedarf durch Auswechseln der Triebräder zu verändern. Ironisch beschrieb damals die „Quarterly Review“ die umständliche praktische Durchführung dieses „herrlichen Manövers, dieser köstlichen Anstalten zum Reisen im 19. Jahrhundert“.

Farey hielt die Anlage feststehender Dampfmaschinen, die mit Seilen die Dampfswagen die Steigung hinaufziehen sollten, für die beste und einfachste Lösung.

Über die Geschwindigkeit, die damals die Automobile auf ebener Strecke erreichten, lauten die Angaben sehr verschieden. 16 bis 24 km in der Stunde scheinen normal gewesen zu sein. Da fast 18 km stündlich von den mit sehr guten Pferden versehenen Eilwagen bereits erreicht wurden, war der Geschwindigkeitszuwachs nicht sehr bedeutend.

Der Betrieb wurde durch das Wasser- und Kohleneinnehmen sehr erschwert. Bei dem riesigen Dampfverbrauch der Maschine mußte man gewöhnlich alle 16 bis 20 km schon wieder Wasser nehmen. Das geschah durch kleine Handpumpen, die man mitführte, und erforderte einen Aufenthalt von etwa 15 Minuten. Mit der Maschine stand auch das Gebläse still, und man mußte erst wieder etwa 3 km fahren, ehe man den normalen Zustand erreicht hatte.

Auch auf dem Festland in Deutschland, in Belgien und in Frankreich, versuchte man damals, Dampfswagen herzustellen.¹⁾

Die größte Verbreitung aber erreichte der Dampfswagen damals in England. Inzwischen aber hatten die Eisenbahnen, mit denen der Dampfswagen glaubte, leicht fertig werden zu können, das Verkehrsbedürfnis in überreicher Weise befriedigt. Der Dampfswagen, auf den man die größte Hoffnung gesetzt hatte, verschwand. Das Automobil für Personenbeförderung wandelte sich um zur schweren Straßenlokomotive, die besonders

¹⁾ s. Verfassers Aufsatz: Aus der Jugendzeit des Automobils, Z. d. V. d. Ing. 1906.

für landwirtschaftliche Zwecke, unter anderem als Betriebsmaschine für den Dampfpflug, Bedeutung gewann und von England aus sich die Welt eroberte.¹⁾

XI.

Die Entwicklung der Lokomotive.

1. Die Anfänge der Lokomotive.

Fast gleichzeitig mit dem Dampfwagen auf gewöhnlichen Straßen, dem Automobil, versuchte man Dampfwagen auf den schon vorhandenen Spurbahnen anzuwenden.

Spurbahnen hatte man schon im Mittelalter vor allem im deutschen Bergbau verwendet. Von hier gingen sie in den bergbaulichen Betrieb der anderen Länder über. Anfangs aus Holz hergestellt, wurden sie mit dem zunehmenden Eisenhüttenwesen auch aus Eisen angefertigt, und zwar zuerst aus Gußeisen, später aus Schmiedeeisen. Trevithick war der erste, der einen Dampfwagen auf einer solchen eisernen Spurbahn in Betrieb setzte. Das Haupterfordernis: bei geringem Gewicht große Leistungsfähigkeit, erfüllte seine Hochdruckmaschine. Sobald Trevithick deshalb mit seinen ersten Straßenlokomotiven Erfolg hatte, versuchte er auch Eisenbahnlokomotiven zu bauen.

Damals glaubte man nicht, daß es überhaupt möglich sei, „ohne Kondensation eine Maschine zu betreiben“. Deshalb ließ Trevithick mit der 1802 auf den Gruben zu Coalbrookdale in Shropshire erbauten Maschine, die später einen Eisenbahnwagen ziehen sollte, Wasser heben, um so seinen Gegnern an einem gewohnten Beispiele nachzuweisen, daß seine Maschine auch „Arbeit zu leisten vermöge“. Niemand wollte es glauben, bis er es selbst gesehen hatte. Als das Wasser aus dem hohen Standrohr herausströmte, meinten die Ungläubigen noch, die Maschine könne dies höchstens ganz kurze Zeit aushalten. Erst als Trevithicks Maschine tagelang als Pumpmaschine und Betriebsmaschine sich bewährt hatte, überzeugte man sich, daß eine solche Hochdruckmaschine schließlich auch Wagen werde

¹⁾ Außer den bereits angeführten Quellen s. A. Gordon, Dampfwagen auf gewöhnlichen Landstraßen, London 1832, Weimar 1833; L. Newhouse, Über Chausseedampfwagen, Mannheim 1834; von Baader, Die Unmöglichkeit, Dampfwagen einzuführen, Nürnberg 1835; Rühlmann, Allg. Maschinenl., Bd. III; Lardner, The steam engine, London 1840; Dingers polyt. Journal, Jahrgänge 1825 bis 1840.

Über die Entwicklung der Straßenlokomotive s. Young, Holley und Fisher, Steam on common Roads etc., London 1861; ferner Z. d. V. d. Ing. 1862, S. 616, 1863, S. 98, 1864, S. 145.

fortbewegen können, und die Grubenverwaltung entschloß sich ein Wagen-
gestell für die Maschine anzufertigen. Bevor aber diese Arbeit fertiggestellt
wurde, begann Trevithick im Oktober 1803 mit dem Bau einer Eisenbahn-
lokomotive zu Penydarren in Südwalles.

Eine Wette zwischen Trevithick und einem Grubenbesitzer, der nicht
glauben wollte, daß eine Lokomotive 10 t auf seiner 10 Meilen langen
Grubenbahn würde befördern können, war die äußere Veranlassung zum
Bau dieser ersten Eisenbahnlokomotive, Fig. 711, mit der Trevithick glänzend
den Preis von 500 Guineen gewann.¹⁾

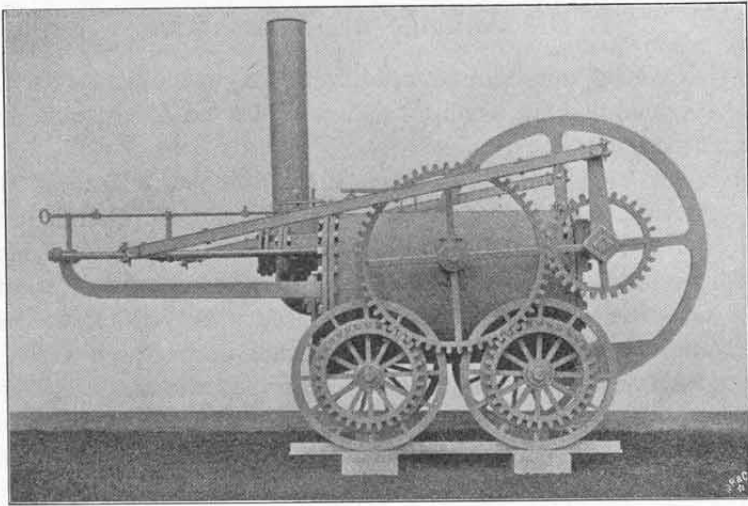


Fig. 711. Die erste Lokomotive von Trevithick 1803.

Der Kessel ist 51 Zoll (1,29 m) weit und 6 Fuß (1,83 m) lang.²⁾ Ein
schmiedeeisernes rückkehrendes Flammrohr ist eingebaut. Schornstein und
Feuerung liegen somit auf derselben Stirnseite des Kessels. Über dem
Flammrohr ist der sehr langhubige Zylinder von $8\frac{1}{4}$ Zoll (210 mm) Durch-
messer und 54 Zoll (1,37 m) Hub liegend in den Kessel eingebaut. Die
Kolbenstange ist mit einem langen Querhaupt, das sich stopfbüchsenartig
an zwei Geradföhrungsstangen führt, verbunden. Die Geradföhrung ist mit
dem einen Ende am Kessel befestigt, mit ihrem anderen mit einer vom
Kessel ausgehenden Tragkonstruktion verbunden. Zur Dampfverteilung dient
ein Hahn, der durch Anschläge vom Kreuzkopf aus betätigt wird. Vom Ende
des Kreuzkopfes föhren zwei lange Schubstangen zu der am anderen Ende
des Kessels gelagerten Kurbelwelle, von der aus mit Zahnrädern sämtliche

¹⁾ Ausführliche Angaben hierüber enthält nebst Zeichnungen Fr. Trevithick,
The life of R. Trevithick, London 1872, Bd. I, S. 181.

²⁾ Als Material wird Schmiedeeisen, an anderer Stelle auch Gußeisen angegeben.

vier Räder der Lokomotive angetrieben werden. Ein Schwungrad soll die Ungleichförmigkeit der Bewegungen ausgleichen.

Einen Teil des Auspuffdampfes benutzte Trevithick zum Vorwärmen des Speisewassers; den anderen leitete er in den Schornstein in der ausgesprochenen Absicht, hierdurch das Feuer anzufachen.¹⁾

Die Versuche fanden statt auf der Samuel Homfray gehörigen Eisenbahn der Penydarran-Eisenwerke zu Merthyr Tydfil in Südwest Wales. Sie zeigten, daß die Lokomotive fünf Wagen mit einer Nettolast von 17,3 t (Bruttolast von 25,4 t) auf einem sehr mangelhaften, 15,6 km langen Schienenwege, der scharfe Krümmungen und Steigungen von 1:50 aufwies, befördern konnte. Die geringste Geschwindigkeit betrug etwa 6,4, die höchste bei Leerlauf 25,7 km/st. Mit diesem unter den größten Schwierigkeiten durchgeführten Versuche hatte Trevithick gezeigt, daß es praktisch möglich und auch wirtschaftlich vorteilhaft sei, auf den Grubenbahnen Lokomotiven zu verwenden.²⁾

Leider machte der schlechte Oberbau den Fahrten der ersten Lokomotive ein schnelles Ende. Die gußeisernen Schienen brachen unter der Last und die Grubenbesitzer hielten es, obwohl Trevithick bei besserem Oberbau noch erheblich höhere Leistung seiner Lokomotive in Aussicht stellte, für viel zu gewagt, noch mehr Geld auf den Schienenweg zu verwenden. So wurden die Fahrten der Lokomotive schon nach fünf Monaten eingestellt; die Lokomotive aber wurde als Betriebsmaschine für die verschiedensten Zwecke noch jahrzehntelang im Grubenbezirk verwendet.³⁾

Aber schon im folgenden Jahre, 1805, lieferte Trevithick nach Newcastle eine zweite, etwas kleinere Eisenbahnlokomotive von 7 Zoll (178 mm) Zylinderdurchmesser bei 3 Fuß (0,91 m) Hub. Der Kessel war hier ganz aus Schmiedeeisen, 4 Fuß (1,2 m) im weit, 6 Fuß 6 Zoll (1,98 m) lang. Das rückkehrende schmiedeeiserne Flammrohr war vorn 27 Zoll (685 mm),

¹⁾ Es ist sehr bemerkenswert, daß Trevithick sowohl bei seinen Dampfstraßenwagen als bei seinen Eisenbahnlokomotiven stets das Blasrohr benutzte. Ein vor dem Schornstein eingebauter Hahn gestattete auch den Querschnitt und damit die Wirkung zu verändern. Daß Trevithick sich über die Bedeutung des Blasrohrs von Anfang an klar war, zeigt ein Brief an seinen Freund David Gilbert, wo er am 20. Febr. 1804 schreibt: „The steam that is discharged from the engine is turned up the chimney, about 3 feet above the fire. — The fire burns much better when the steam goes up the chimney than when the engine is idle.“ s. Fr. Trevithick, *The Life of R. Trevithick*, London 1872, Bd. I, S. 160.

²⁾ Damals entwarf auch Trevithick für die Westindischen Docks zu London bereits fahrbare Eisenbahnkräne, die den Transport der Güter vom Schiff zu den Warenlagern vermitteln sollten.

³⁾ Für die Beachtung, die der neuen Anwendung der Trevithickschen Hochdruckmaschine zuteil wurde, zeugt auch das merkwürdige Gesuch der Sohoer Firma, die Regierung solle die Hochdruckmaschine, weil sie gefährlich für Leben und Gesundheit sei, überhaupt verbieten. Man wollte, allerdings ohne Erfolg, sich durch Staatsgewalt auch weiterhin die bisher durch die Patente beschützte Alleinherrschaft auf dem Gebiete des Dampfmaschinenbaues sichern.

am Schornsteinende 12 Zoll (305 mm) weit. Die Maschine wog im Arbeitszustand 4,58 t. In Konstruktion und Ausführung glich sie vollkommen der ersten Lokomotive, nur hatten Schwungradwelle und Zylinder ihre Lage zum Kessel vertauscht; die Schwungradwelle lag auf der Feuerungsseite; die Zylindergeradföhrung, die hier bereits wesentlich besser unterstüzt war, lag auf der entgegengesetzten Seite. Auch bei dieser Lokomotive wurde das Blasrohr angewendet. Ob und wie lange die Maschine im wirtschaftlichen Betrieb verwendet wurde, ist nicht bekannt; jedenfalls hat sie in den dortigen groÙen Bergwerksbezirken angeregt, die Dampfkraft zum Kohlentransport zu verwenden. Blackett, der Besitzer der Wylam-Bergwerke verhandelte damals bereits mit Trevithick, der auch mehrmals die dortige Gegend besuchte, über die Eisenbahnlokomotive. Auch Hed-

ley, der erste Ingenieur der Werke, wurde so durch Trevithick zuerst veranlaÙt, sich mit dem Lokomotivbau zu beschäftigen.

Wahrscheinlich, wenn auch nicht erwiesen, hat Trevithick in den nächsten drei Jahren auÙer den beiden genannten Lokomotiven noch einige andere ausgeführt. Nähere Nachrichten aber liegen hierüber nicht vor. Erst 1808 errang Trevithick, diesmal in London, mit einer neuen Eisenbahnlokomotive einen neuen Erfolg. Die Londoner Lokomotive, die den herausfordernden Namen „Catch-me-who-can“ trug, sah schon wesentlich anders aus, Fig. 712.

Der Zylinder ist hier stehend angeordnet und von oben in den Kessel, wie bei

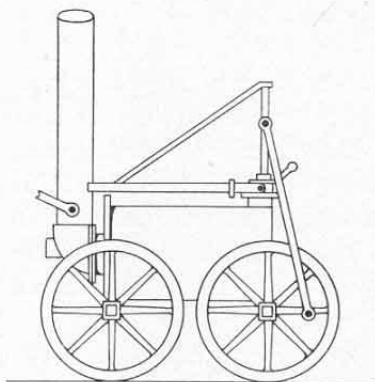


Fig. 712.

Trevithicks Lokomotive 1808.

(Nach Trevithick, London 1872.)

den ersten Modellen seiner Dampfwagen, eingebaut. Der Kolben überträgt seine Kraft durch ein Querhaupt und zwei Schubstangen auf eine unter dem Zylinder liegende Achse. Maschine und Kessel entsprechen sonst den Trevithickschen Hochdruckmaschinen. Auch hier findet sich Vorwärmen des Speisewassers und Blasrohr. Um möglichst weiten Kreisen diese Anwendung der Dampfkraft vor Augen zu führen, mietete Trevithick einen größeren Bauplatz unmittelbar vor London, legte dort eine Kreisbahn von etwa 60 m Durchmesser an, umgab das ganze mit einem dichten Plankenzaun und führte die Lokomotive gegen ein Eintrittsgeld von 1 sh. für die Person allen Schaulustigen vor. Die Lokomotive zog einen gewöhnlichen Personenwagen hinter sich her und durchlief zwölfmal in der Stunde die Bahn; auf gerader Strecke soll sie bis zu 20 Meilen (30,2 km) in der Stunde erreicht haben. Das Eintrittsgeld berechnete auch zu einer Fahrt mit der Eisenbahn, aber nur wenige waren so mutig, hiervon Gebrauch zu machen. Trevithick kam nicht auf seine Kosten, er verkaufte auch diese Lokomotive als Betriebsmaschine.

Die Zeit für die Eisenbahnlokomotive schien noch nicht gekommen, Trevithick selbst gab die Versuche auf und wandte sich anderen Aufgaben zu. Es war jetzt Sache derer, die im eigenen Betrieb das Bedürfnis nach der Dampfbahn am stärksten fühlten, die Versuche bis zum endgültigen Erfolge fortzusetzen.

Blackett und Hedley zu Wylam ersetzten 1808 ihre hölzernen Schienen durch eiserne und ersuchten 1809 Trevithick, für ihre Bahnen eine Lokomotive zu entwerfen. Leider mußte Trevithick, zu sehr mit anderen Aufgaben beschäftigt, die Ausführung ablehnen.

Auch John Blenkinsop, der Besitzer der Kohlengruben in Middleton bei Leeds, beschäftigte sich damals eifrigst mit der Einführung der Lokomotive und ließ 1811 nach seinen Angaben bei Murray in Leeds eine Eisenbahnlokomotive erbauen, die 1812 auch in Betrieb kam.

Trotzdem Trevithick durch Versuche gezeigt hatte, daß die Reibung der Räder auch auf eisernen Schienen genügte, um bedeutende Lasten selbst auf beträchtlicher Steigung zu befördern, war die Furcht vor dem Gleiten der Räder¹⁾ noch nicht beseitigt. Blenkinsop hatte sich deshalb im April 1811 die Benutzung einer Zahnstange schützen lassen (Nr. 3431). Die

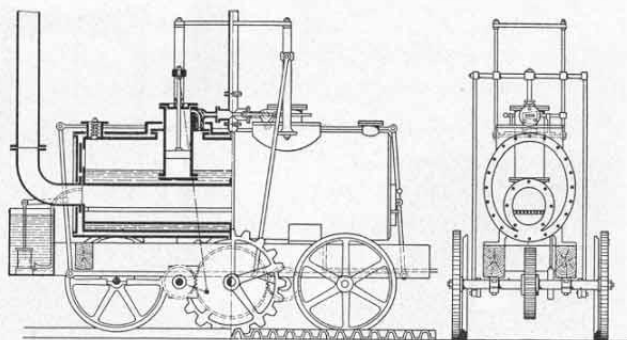


Fig. 713 und 714. Blenkinsops Zahnradlokomotive 1811.

(Nach Severin, Beiträge, Berlin 1826.)

Fig. 713 und 714 zeigen diese erste Zahnradlokomotive.

Der Kessel von ovalem Querschnitt hat nur ein einfaches durchgehendes Flammrohr. Zwei doppelwirkende Dampfzylinder sind in der Längsachse des Kessels nebeneinander eingebaut. Von den Querhäuptern der Kolbenstangen führen je zwei Schubstangen zu zwei unter dem Kessel angeordneten Kurbelwellen, von denen aus mit einem Zahnradvorgelege die zwischen den beiden Radachsen liegende Antriebswelle bewegt wird.

Die Maschine, die noch bis in die 30er Jahre auf den Kohlengruben benutzt wurde, arbeitete mit 40 bis 50 Pfd./Qu.-Zoll (2,8 bis 3,5 kg/qcm) Dampfdruck.

¹⁾ Die Furcht vor der zu geringen Reibung zeitigte die verschiedensten Pläne. So schlug Chapman 1812 vor, eine Kette zu verwenden, die in der Mitte der Eisenbahn auf ihrer ganzen Länge ausgespannt, sich einmal um ein an der Maschine angebrachtes Rad schlingen sollte, das angetrieben nun die Maschine in Bewegung setzen sollte. Eine Idee, die später bei der Kettenschiffahrt benutzt wurde. Dies Patent gewann ebensowenig Bedeutung als das, welches 1813 Brunton auf die Nachbildung der Tierbeine durch entsprechend angebrachte Schieberstangen erhielt.

Hedley, der in der gleichen Weise wie Trevithick sich durch einfache Versuche überzeugte, daß die Reibung für den gewöhnlichen Betrieb genügte, erbaute 1813 seine erste kleine Lokomotive. Sie war der Trevithicks ähnlich, nur hatte der gußeiserne Kessel, wie bei Blenkinsop, ein einfaches Flammrohr. Der Dampfzylinder maß 6 Zoll (152 mm) im Durchmesser. Die Maschine besaß ein Schwungrad. Trotz mancher Übelstände waren die Ergebnisse doch so, daß Blackett Hedley beauftragte, eine größere Lokomotive zu bauen, die 1813 in Betrieb kam. Es war dies die heute im Kensington-Museum aufgestellte „Puffing Billy“, Fig. 715.

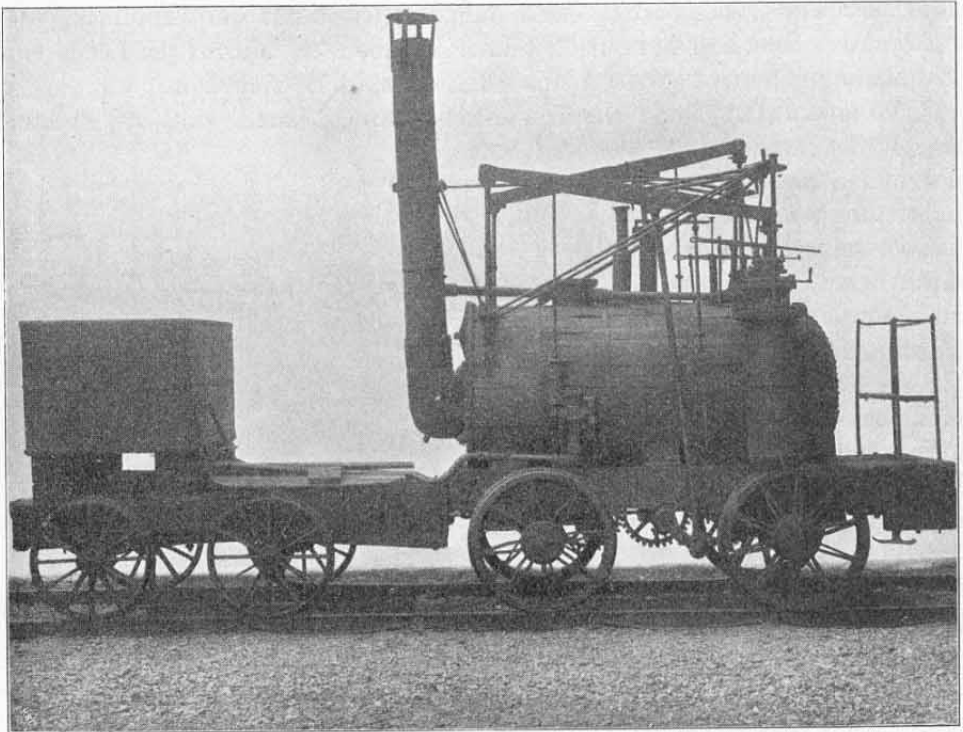


Fig. 715. Hedleys Lokomotive „Puffing Billy“ 1813.

(Original im Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

Der schmiedeeiserne Kessel von 7 Qu.-Fuß (0,65 qm) Rostfläche bei 77 Qu.-Fuß (7,15 qm) Heizfläche hat ein rückkehrendes Flammrohr; Feuerung und Schornstein liegen also auf derselben Seite. Zwei seitlich am anderen Ende des Kessels angeordnete stehende Zylinder, 9 Zoll (229 mm) weit bei 36 Zoll (0,91 m) Hub, arbeiten auf einen Evanschen Balancier, der, zugleich zur Geradföhrung der Kolbenstange in bekannter Weise benutzt, mit zwei Schubstangen und zwei unter 90° versetzten Kurbeln die Kraft auf eine zwischen den beiden Radachsen liegende Welle überträgt. Mit dieser Triebwelle sind durch Zahnradvorgelege die 39 Zoll (990 mm)

großen Triebräder verbunden. Der Dampf wird durch kurze D-Schieber, die mittels Anschlägen bewegt werden, verteilt. Die Zylinder haben aus schmiedeeisernen Platten genietete Dampfmäntel.

Da für die gußeisernen Schienen der Raddruck zu groß wurde, fügte man 1815 noch zwei Achsen hinzu und faßte je zwei Achsen in einer Art von Drehgestell zusammen. Als die Bahn 1830 stärkeren Oberbau erhielt, wurden diese Achsen wieder entfernt. Die Lokomotive war noch bis 1862 in Betrieb und wurde dann dem Kensington-Museum überwiesen.¹⁾

Hedley hat das Verdienst, die erste Lokomotive mit glatten Rädern auf ebenen Schienen dauernd in den wirtschaftlichen Betrieb eingeführt zu haben.

Bemerkenswert ist, daß auch Hedley das von Trevithick eingeführte Blasrohr anwandte²⁾ und die Wirkung dadurch wesentlich erhöhte, daß er ziemlich enge Schornsteine, von 1 Fuß (305 mm) lichte Weite nahm, während die ersten Stephenson'schen Lokomotiven Schornsteindurchmesser von 500 bis 530 mm hatten.

Da die Anwohner sich bitter über das Geräusch des ausblasenden Dampfes beschwerten, baute Hedley, wie auch Fig. 715 erkennen läßt, in die Auspuffleitung vor dem Schornstein einen Auspufftopf ein, der die Geschwindigkeit des ausströmenden Dampfes so verringerte, daß allerdings das Geräusch aufhörte, aber auch das Blasrohr seine Wirkung verlor.³⁾

Ehe noch Hedleys Maschine durch längeren Betrieb ihre Brauchbarkeit beweisen konnte, gelang es George Stephenson, damals Maschinenmeister der Kohlengruben zu Killingworth, seine Gesellschaft zu einem Versuche mit der Lokomotive zu bewegen. Man beauftragte Stephenson, in den Grubenwerkstätten eine Lokomotive zu erbauen, die am 25. Juli 1814 in Betrieb genommen werden konnte. Diese erste Stephenson'sche Lokomotive war zweiachsiger. Die Räder hatten 3 Fuß (914 mm) Durchmesser. Der schmiedeeiserne Kessel war 8 Fuß (2,4 m) lang, 34 Zoll (863 mm) weit und hatte ein einziges durchgehendes, 20 Zoll (508 mm) weites Flammrohr. Zwei Zylinder, 8 Zoll (203 mm) Durchmesser, 24 Zoll (0,61 m) Hub, waren wie bei Trevithicks Maschinen von oben in den

¹⁾ Eine gleiche Lokomotive, „Wylam Dilly“, arbeitete sogar noch einige Jahre länger, bis 1867, und wird jetzt im Museum zu Edinburgh aufbewahrt.

²⁾ Hedley als Erfinder des Blasrohrs anzusehen ist nicht berechtigt. Er hatte es jedenfalls durch Trevithick kennen gelernt, der Gilbert bereits die Wirkung des Blasrohrs mitgeteilt hatte. Von Gilbert erfuhr es W. Nicholson, der in Nicholson's Journal of Philosophy B. 12 September 1805 darüber berichtete. Nicholson machte auch selbst weitere Versuche und teilte die Ergebnisse 1806 mit. Am 26. November 1806 erhielt Nicholson auch ein Patent. Da andere technische Zeitschriften gleichfalls hierüber schrieben, so kann man annehmen, daß schon damals alle, die sich mit Lokomotiven beschäftigten, von der Wirkung des Blasrohrs unterrichtet waren (s. Colburn S. 14).

³⁾ Einer der Maschinenmeister, die Hedley bei dem Bau dieser Lokomotive unterstützten, war der im Lokomotivbau später so berühmte Timothy Hackworth.

Kessel eingebaut. Die Bewegung der Kolben wurde durch Schubstangen, Kurbeln und Zahnräder in ähnlicher Weise wie bei Hedley auf die Radachsen übertragen. Ein ganzes Jahr lang wurden mit dieser Lokomotive Versuche angestellt, die aber zeigten, daß der Dampfbetrieb gegenüber dem Pferdebetrieb noch keinerlei Vorteil bot.

Der Hauptfehler der Maschine, sowie aller der anderen Stephenson'schen Maschinen bis zum Jahre 1829 lag in dem Kessel, der mit seinem einen Flammrohr keine genügende Heizfläche erreichen ließ.

Hedleys Erfolge ermutigten Stephenson, 1815 eine neue Lokomotive zu erbauen, bei der auch das Blasrohr verwendet wurde. Die Maschine bestand auch hier wieder aus zwei in der Längsachse des Kessels stehenden, zur Hälfte in den Kessel eingebauten Zylindern. Jede Kolbenstange griff an einem breiten Querhaupte an, von dessen Enden mit je einem Paar Schubstangen die Radachse angetrieben wurde; auf die Kupplung der Räder durch Zahnräder hatte Stephenson also hier verzichtet.

Statt der Zahnräder versuchte Stephenson die beiden Räder durch ein Paar zwischen den Rädern liegende Kuppelstangen zu verbinden. Auch eine Radachse des Tenders suchte er mit Ketten vom Treibrad aus anzutreiben, um so einen Teil des Tengewichtes auszunutzen. Die gekröpften Achsen, die bei den innenliegenden Kuppelstangen nötig wurden, waren aber sehr schwierig herzustellen; man verließ sie bald wieder und kuppelte die beiden Räder durch Ketten, die dann wiederum einige Jahre später durch außenliegende Kuppelstangen ersetzt wurden.¹⁾

1817 erbaute Stephenson für eine andere Kohlenbahn eine ähnliche Lokomotive, die 750 £ kostete und mit einigen Unterbrechungen bis 1848 benutzt wurde. Auch auf der am 18. November 1822 eröffneten Hetton-Bahn, die den Fluß Wear mit dem Kohlenbergwerk Hetton unweit Sunderland zu verbinden hatte, führte Stephenson den Dampfbetrieb ein. Ein altes, höchst bemerkenswertes Studienblatt dieser Anlage, das ich im Archiv des Königl. Oberbergamtes Breslau vorfand, zeigt die Gegend und einen von der Lokomotive bewegten Kohlenzug, Fig. 716. Die fünf von Stephenson erbauten Lokomotiven, „eiserne Pferde“ im Volksmund genannt, dienten nur zur Fahrt auf ebener Strecke; auf die starken Steigungen wurden die Wagen durch ortsfeste Dampfmaschinen hinaufgezogen. Fünf solcher Bremsberge waren im Betriebe.

1823 übernahm Stephenson den Bau der für die Entwicklungsgeschichte des Eisenbahnwesens höchst bedeutsamen Stockton-Darlington-Bahn, die den Nordseehäfen die Kohlenschätze der Grafschaft Durham zuführen sollte. Auch hier setzte Stephenson die Einführung des Lokomotivbetriebes durch.

¹⁾ Bei späteren Ausführungen suchte Stephenson durch Federn die Stöße aufzunehmen. 1815 ließ er sich eine Konstruktion schützen, bei der kleine Dampfzylinder mit Kolben einen Teil des Maschinengewichtes aufnehmen und die eisernen Federn ersetzen sollten. Die ganze Anordnung war sowohl im Prinzip als auch in der praktischen Ausführbarkeit durchaus verfehlt.

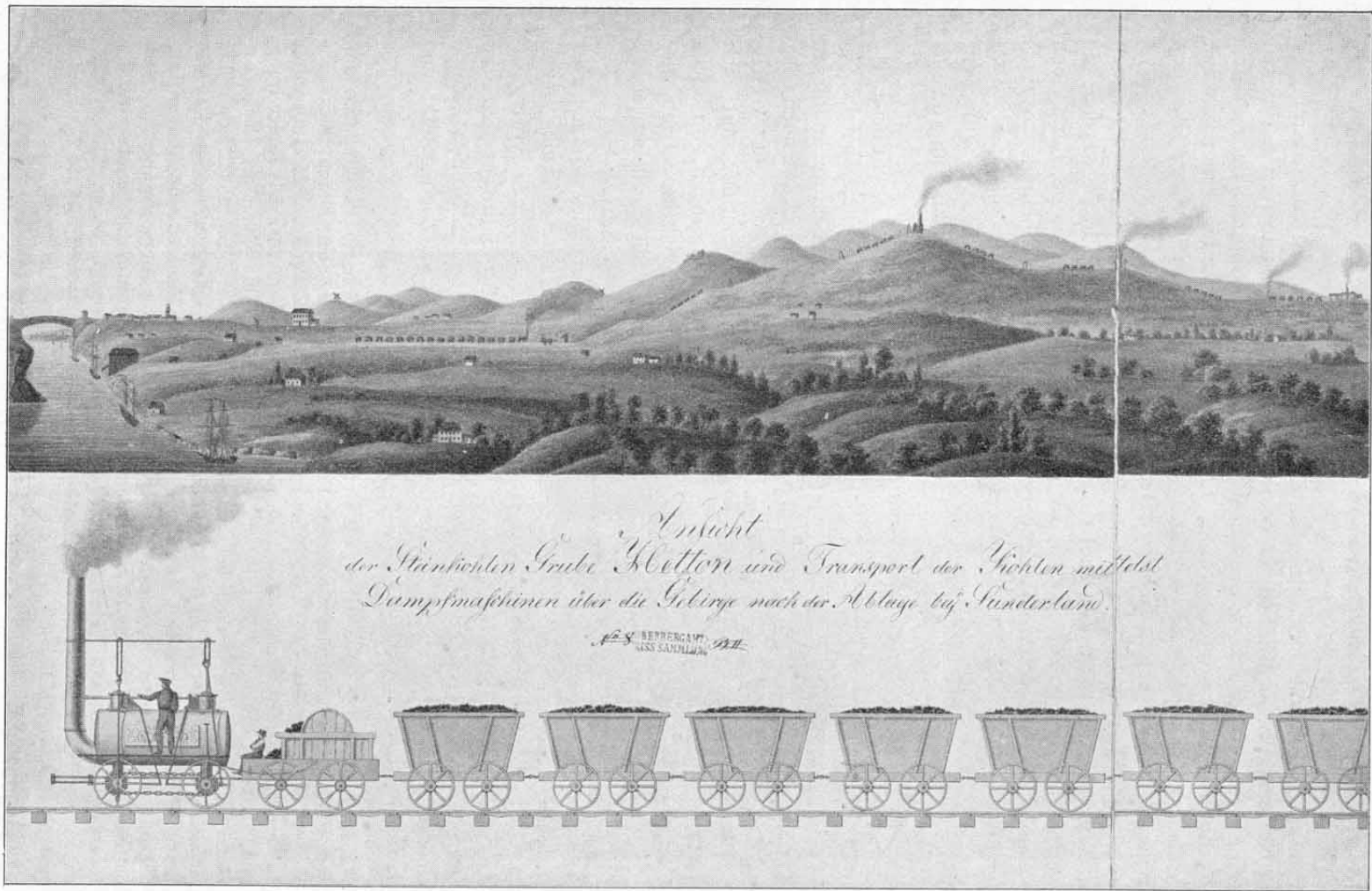


Fig. 716. Kohlenbahn mit Stephenson-Lokomotive 1817. (Original im Königl. Oberbergamt Breslau.)

Einsichtige Unternehmer ermöglichten ihm, 1824 die erste Lokomotivfabrik in Newcastle zu begründen, in der die ersten fünf Lokomotiven der neuen Bahn erbaut wurden. Zum Leiter der Stockton-Darlington-Bahn wurde Timothy Hackworth berufen, der Trevithicks Arbeiten genau kennen gelernt hatte und, wie erwähnt, früher als Maschinenmeister bei den William-Gruben auch Hedley tatkräftig beim Bau der „Puffing Billy“ unterstützt hatte. Die Bahn konnte am 27. September 1825 mit der ersten in Newcastle erbauten Lokomotive, der „Locomotion“, eröffnet werden; sie wog 8,15 t und kostete 500 £; sie lief bis 1850 auf der Linie, dann noch sieben Jahre auf einem Kohlenbergwerk und wurde schließlich 1857 als bleibende Erinnerung an die erste dem öffentlichen Verkehr dienende Eisenbahnlokomotive auf dem Bahnhofe zu Darlington aufgestellt.¹⁾

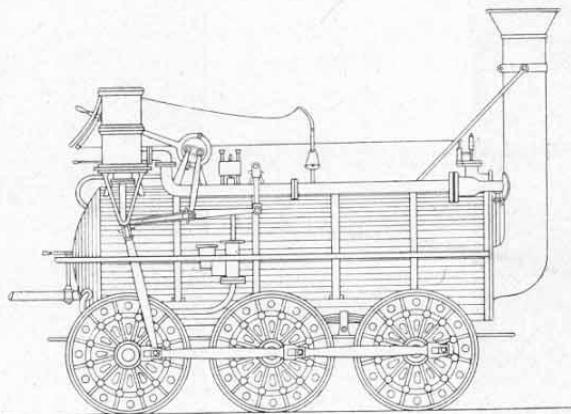


Fig. 717.

Lokomotive „Royal-George“ von Fr. Trevithick 1822.

(Nach Engineer 1879, Bd. II.)

Aber so schlecht bewährte sich der Dampftrieb in den ersten Jahren auf diesen Eisenbahnen, daß noch 1827 die Direktoren der Gesellschaft ernsthaft mit sich zu Rate gingen, ob nicht der Lokomotivbetrieb wieder durch Pferdebetrieb zu ersetzen wäre.

Hier ging jetzt aber Hackworth mit neuen Konstruktionen vor. Zunächst baute er eine der

älteren reparaturbedürftigen Maschinen, die nachher den Namen „Royal George“ bekam, um. Sie wurde im Oktober 1827 in Betrieb gesetzt und bewährte sich aufs beste, Fig. 717.²⁾

¹⁾ Der 10 Fuß (3 m) lange und 4 Fuß (1,2 m) weite Kessel hatte ein 2 Fuß (609 mm) weites Flammrohr und arbeitete mit 25 Pfd./Qu.-Zoll (1,75 kg/qcm) Dampfdruck. Die beiden Dampfzylinder, 10 Zoll (254 mm) Durchmesser, 24 Zoll (609 mm) Hub, waren wie bei den vorhergehenden Ausführungen in den Kessel eingebaut. Die Räder waren durch außenliegende Stangen gekuppelt. Muschelschieber, die von einem losen Exzenter mit Hilfe von Winkelhebeln angetrieben wurden, verteilten den Dampf. Die Maschine wog betriebsfertig 6,6 t; sie soll 16 nom. PS geleistet haben. s. Engineer 1875, Bd. II, S. 212 und 218, Aufsätze über das 50jährige Eisenbahnjubiläum zu Darlington. Im Engineer 1879, Bd. II, S. 322 sind listenartig Angaben über 36 Lokomotiven, die von 1825 bis 1840 auf der Stockton-Darlington-Bahn benutzt wurden, zusammengestellt. Die Heizfläche schwankt zwischen 11 und 50 qm. Die Zylinder haben gewöhnlich 11 bis 15 Zoll (279 bis 381 mm) Durchmesser und 16 bis 20 Zoll (406 bis 508 mm) Hub.

²⁾ s. Engineer 1879, Bd. II, S. 276. Die Jahrgänge 1879 bis 1884 enthalten unter dem Titel „Links in the history of the Lokomotive“ sehr wertvolle geschichtliche Beiträge.

Die beiden Zylinder, 11 Zoll (279 mm) Durchmesser, 20 Zoll (508 mm) Hub, stehen senkrecht über dem Kessel und arbeiten unmittelbar auf die Treibräder. Ein Teil des Abdampfes hat das Speisewasser vorzuwärmen,

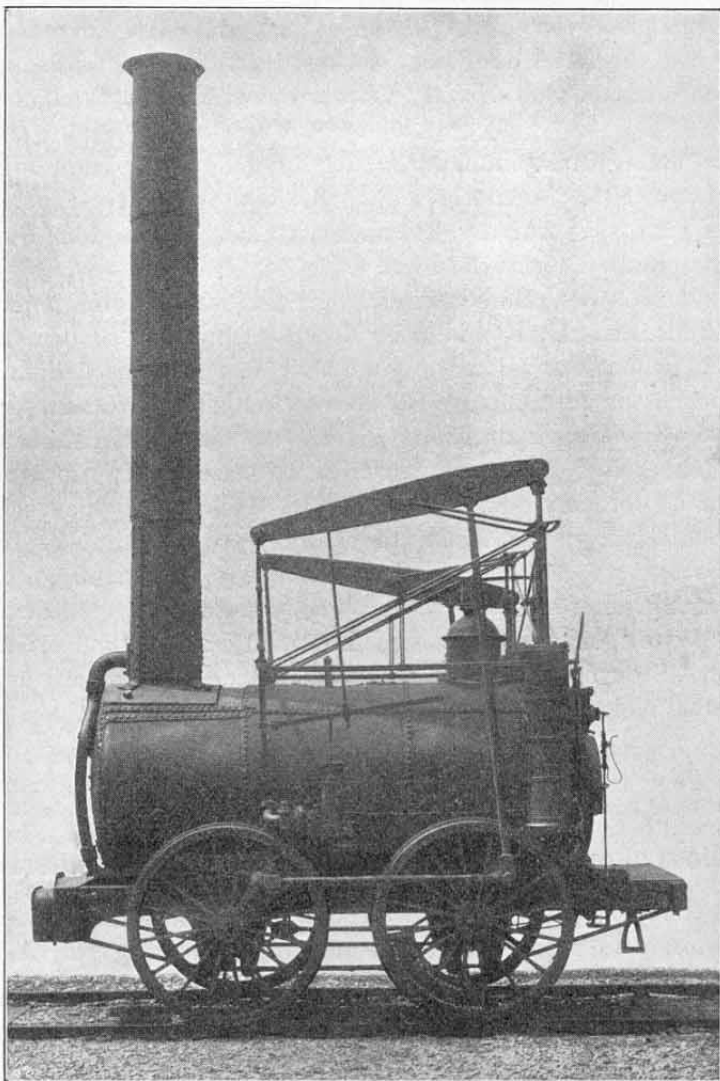


Fig. 718. Lokomotive „Agenoria“, 1829 erbaut.
(Original im Victoria and Albert Museum, Kensington-London.)

der übrige wird durch ein konisch verengtes Blasrohr in den Schornstein geleitet. Der Kessel hat, um genügende Heizfläche zu geben, ein rückkehrendes Flammrohr, wie die ersten Trevithickschen Lokomotiven. Die Maschine, die bis 1842 benutzt wurde, fuhr mit einer durchschnittlichen

Geschwindigkeit von 9 Meilen (14,4 km) in der Stunde auf ebener Strecke. Bei der größten Belastung von 30 Wagen von zusammen 234 t erreichte sie fast 5 Meilen (8 km) in der Stunde auf ebener Strecke. Normal zog sie einen Zug von 102 t. Die Maschine und zwei Tender, der eine vorn, der andere hinten, wogen zusammen 15,3 t.

Die Ergebnisse mit dieser ersten Hackworthschen Lokomotive waren so günstig, daß die Leiter der Eisenbahn den Plan, wieder Pferde anzuwenden, vollkommen aufgaben und von da an ausschließlich Lokomotiven verwendeten.

In die erste Entwicklungsstufe der Lokomotive gehört auch die in Fig. 718 dargestellte „Agenoria“, die, 1828 von Foster, Rastrick & Co. erbaut, im Juni 1829 auf der Eisenbahn zu Kingswinford in Betrieb kam und über 30 Jahre Dienste leistete.

Der zylindrische schmiedeeiserne Kessel besitzt ein inneres weites Flammrohr als Feuerkiste, von dem zwei Rauchröhren zu dem ungewöhnlich hohen Schornstein (rund 6,5 m über den Schienen) führen. Man wollte dadurch die mangelhafte Blasrohrwirkung unterstützen. In der Anordnung der Zylindergeradföhrung gleicht sie der Hedley-Maschine. Die Schubstangen greifen aber nicht an einer Zwischenachse, sondern unmittelbar an den Treibrädern an. Die bewegten Massen sind hier schon durch Gegengewichte, die in den Treibrädern angebracht sind, ausgeglichen. Die Zylinder hatten 7,5 Zoll (190 mm) Durchmesser bei 3 Fuß (0,91 m) Hub. Der wirksame Dampfdruck betrug 42 Pfd./Qu.-Zoll (2,95 kg/qcm).

Eine zweite, genau gleiche, von derselben Fabrik 1828 erbaute Lokomotive, der „Stourbridge Lion“, wurde nach Amerika verkauft und war die erste Eisenbahnlokomotive der Neuen Welt.

2. Die Lokomotiven des Wettkampfes zu Rainhill 1829.

Hatte man bis dahin Lokomotiven zumeist nur auf kurzen Kohlenbahnen benutzt, so begann man jetzt das Anwendungsgebiet weiter auszuweiten. Überall entstanden neue Eisenbahnprojekte.

Zunächst galt es in England die beiden Haupthandelsstädte Liverpool und Manchester durch einen Schienenstrang zu verbinden. Die Eisenbahn wurde fertig, ehe man sich an leitender Stelle über die Betriebsart klar war. Mit größter Aufmerksamkeit harrete man der Lösung dieser Aufgabe. Aus der ganzen Welt, aus allen Städten liefen, auch ungesucht, Vorschläge bei der Direktion ein. An Ideen fehlte es nicht, nur die Ausführung war schwierig. Am meisten Aussicht hatten zunächst ortsfeste Dampfmaschinen, die mit Seilen die Züge ziehen sollten. Stephenson gelang es nur mit Mühe, durch Hinweis auf die Abhängigkeit des ganzen Betriebes von dem regelmäßigen Gang jeder Maschine und auf die wesentlich höheren

Anlage- und Betriebskosten der Seilbahn gegenüber der Lokomotivbahn, wenigstens ein Preisausschreiben auf brauchbare Lokomotiven durchzusetzen.

Dies für die Geschichte der Lokomotive so denkwürdige Preisausschreiben lautete¹⁾:

Rail-way Office, Liverpool, 25th April 1829.

„Stipulations and Conditions

On which the directors of the Liverpool and Manchester Rail-way offer a premium of £ 500, for the most improved locomotive engine.

1. The said engine must 'effectually consume its own smoke', according to the provisions of the Rail-way Act, 7th Geo. IV.

2. The engine, if it weighs six tons, must be capable of drawing after it, day by day, on a well-constructed rail-way, on a level plane, a train of carriages, of the gross weight of twenty tons, including the tender and watertank, at the rate of ten miles an hour, with a pressure of steam in the boiler not exceeding fifty pounds on the square inch.

3. There must be two safety-valves, one of which must be completely out of the reach or controul of the engine-man, and neither of which must be fastened down while the engine is working.

4. The engine and boiler must be supported on springs and rest on six wheels; and the height, from the ground to the top of the chimney, must not exceed fifteen feet.

5. The weight of the machine, with its complement of water in the boiler, must, at most, not exceed six tons; and a machine of less weight will be preferred, if it draw after it a proportionate weight; and if the weight of the engine, &c. do not exceed five tons, then the gross weight to be drawn need not exceed fifteen tons, and in that proportion for machines of still smaller wight, provided that the engine &c. shall still be on six wheels, unless the weight (as above) be reduced to four tons and a half, or under, in which case the boiler, &c. may be placed on four wheels. And the company shall be at liberty to put the boiler, fire-tube, cylinders, &c. to the test of a pressure of water not exceeding one hundred and fifty pounds per square inch, without being answerable for any damage the machine may receive in consequence.

6. There must be a mercurial gauge affixed to the machine, with index rod, showing the steam pressure above forty-five pounds per square inch, and constructed to blow out a pressure of sixty pounds per inch.

7. The engine to be delivered complete for trial, at the Liverpool end of the rail-way, not later than the 1st of Oktober next.

8. The price of the engine which may be accepted, not to exceed £ 550, delivered on the rail-way; and any engine not approved, to be taken back by the owner.

NB. The rail-way company will provide the engine tender with a supply of water and fuel for the experiment. The distance within the rails is four feet eight inches and a half."

Es wurde also verlangt, daß die Lokomotive bei 6,1 t Gewicht täglich 20,2 t einschließlich Tender und Wasserbehälter mit einer stündlichen Geschwindigkeit von 10 Meilen (16 km) befördere, nicht mehr als 550 £ koste und der Dampfdruck 3,5 at nicht übersteige. Der Wettbewerb sollte auf einer 3,22 km langen ebenen Strecke bei Rainhill zwischen Liverpool und Manchester stattfinden. zomal mußte diese Strecke von der Loko-

¹⁾ s. Galloway, History of the Steam engine, London 1836, S. 603.

motive durchfahren werden, was der Länge der ganzen Bahnstrecke entsprach. An dem von dem 1. Oktober 1829 auf den 6. Oktober verschobenen Termin erschienen nur vier Lokomotiven.¹⁾ Es waren dies: die „Novelty“, von dem berühmten Ericsson²⁾ entworfen und von dem Fabrikanten Braithwaite in London ausgeführt, die „Perseverance“ von Burstall in Edinburgh, die „Sanspareil“ von Hackworth und schließlich die „Rocket“ von Stephenson.

Die „Novelty“, Fig. 719, war eine zweiachsige Tenderlokomotive; sie wog betriebsfertig fast 4 t. Rechnete man das Gewicht der als Tender dienenden Teile ab, so bekam man nur 2,6 t Lokomotivgewicht.

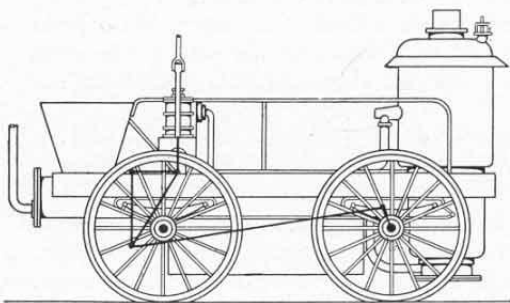


Fig. 719.

Lokomotive „Novelty“ von Ericsson,
Braithwaite 1829.

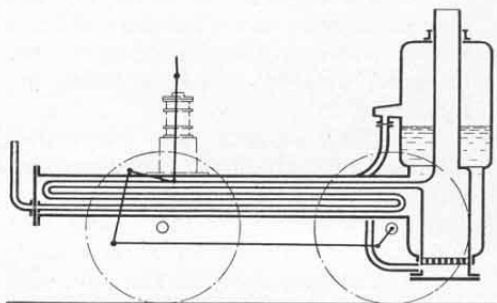


Fig. 720.

Kessel der „Novelty“.

Der Kessel, Fig. 720, besteht aus einer zylindrischen, aufrecht stehenden, von Wasser umgebenen Feuerbüchse und einem liegenden, 12 Fuß (3,66 m) langen, 15 Zoll (381 mm) weiten Zylinder, den die Heizgase in einem dreifach gekrümmten Rohre durchziehen. Der Koks wird in den 18 Zoll

¹⁾ Eine von Brandreth in Liverpool erbaute Lokomotive, „Cyclopede“, wurde nicht zugelassen, da sie nicht durch Dampf, sondern durch „Pferde“ betrieben wurde; s. Galloway, History of the Steam engine, London 1836, S. 619.

²⁾ John Ericsson wurde am 31. Juli 1803 in Schweden geboren. Er begann sich frühzeitig mit technischen Aufgaben zu beschäftigen. Vor allem suchte er die von ihm erfundene Heißluftmaschine in die Praxis einzuführen. Bald gab er seine Offiziersstellung in der schwedischen Armee auf und ging 1826 zum erstenmal nach England. Nach vorübergehendem Aufenthalt bei Cockerill in Seraing (s. S. 755) nach London zurückgekehrt erbaute er hier bei Braithwaite die „Novelty“. Er konstruierte ferner die ersten Dampfspritzen und beschäftigte sich 1836 erfolgreich mit der Schiffschraube. Da er in England nicht die nötige Unterstützung fand, siedelte er 1839 nach New York über, wo er mit großen Ehren empfangen wurde. Im Kampf mit der Dampfmaschine mußte allerdings seine Luftmaschine, auf die man die übertriebensten Hoffnungen gesetzt hatte, unterliegen, aber seine Arbeiten, die Schiffschraube einzuführen, waren von größtem Erfolge begleitet. Berühmt wurden seine Kriegsschiffe, besonders der im amerikanischen Bürgerkrieg verwendete Monitor. Am 8. März 1889 starb Ericsson zu New York. Als Toter kehrte er in seine Heimat zurück, die ihrem großen Sohn die letzte Ruhestatt bereitet hatte.

(457 mm) weiten zylindrischen Feuerraum von oben eingebracht. Dem nach außen luftdicht geschlossenen Aschfall wird durch ein besonderes von der Maschine angetriebenes Gebläse die Luft zugeführt. Die Feuerbüchse hat $9\frac{1}{2}$ Qu.-Fuß (0,88 qm), die Heizröhren haben 33 Qu.-Fuß (10,06 qm) Heizfläche. Die beiden Dampfzylinder, von 6 Zoll (152 mm) Durchmesser und 12 Zoll (305 mm) Hub, sind stehend auf der Maschine nebeneinander angeordnet. Neben ihnen am Ende des Wagens steht das Gebläse. Von den nach oben ausstoßenden Kolbenstangen wird mit Winkelhebeln und Schubstangen die neben der Feuerkiste liegende Achse angetrieben. Unter dem Wagengestell ist der Wasserbehälter angebracht.

Hackworths Lokomotive „Sanspareil“, Fig. 721, hat einen 50 Zoll (1,27 m) weiten und 6 Fuß (1,8 m) langen Zylinderkessel mit rückkehrendem Flammrohr. Die Zylinder, 7 Zoll (178 mm) Durchmesser und 18 Zoll (457 mm) Hub, stehen unmittelbar über der einen Radachse, die mit der anderen durch Kuppelstangen verbunden ist. Die Maschine entsprach in sofern den Preisbedingungen nicht, als sie um 280 kg zu schwer war.

Die „Perseverance“ hatte schon beim Transport Schaden gelitten, entsprach den Bedingungen nicht und wurde deshalb zum Wettbewerb gar nicht zugelassen.

Die „Rocket“, wie sie bei den Versuchen erschien, zeigt Fig. 722. Wesentlich und für den Erfolg entscheidend war der Röhrenkessel, den Stephenson nach Angaben des Sekretärs der Eisenbahngesellschaft, Booth, ausgeführt hatte. Mit ihm wurde es möglich, bei wesentlich geringerem Gewicht gegenüber den früheren Stephensonschen Lokomotiven eine etwa dreimal größere Heizfläche zu erhalten. Die Fig. 723 bis 725 lassen die Konstruktion der Feuerbüchse und des Kessels zur Genüge erkennen. Statt des einen sonst üblichen weiten Flammrohrs sind hier 25 Heizröhren von je 3 Zoll (76 mm) Weite verwendet. Die Feuerbüchse ist dem eigentlichen Kessel vorgebaut, und die sie umgebenden Wasserkammern sind mit dem Wasserraum des Kessels durch kurze Röhren verbunden. Eine besondere Rauchkammer fehlt noch, der Schornstein schließt sich unmittelbar, wie bei den früheren Kesseln, an die Rauchröhren an. Die gesamte Heizfläche beträgt 137,8 Qu.-Fuß (12,8 qm); davon kommen auf die Feuerbüchse 20 Qu.-Fuß (1,86 qm) und auf die

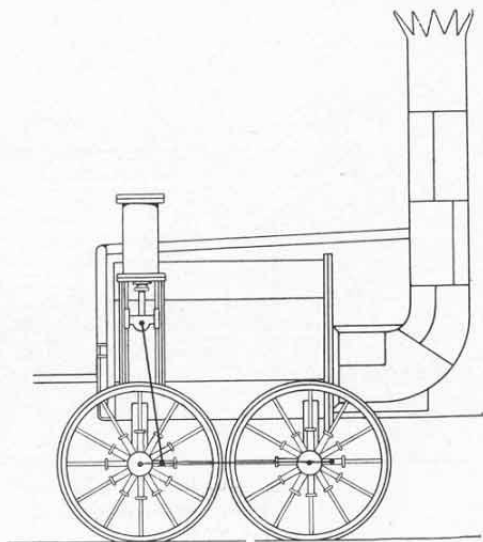


Fig. 721.

Lokomotive „Sanspareil“ von Hackworth 1829.

Heizröhren 117,8 Qu.-Fuß (10,94 qm). Der Rost ist 6 Qu.-Fuß (0,56 qm) groß.¹⁾

Außen an dem Kessel sind die schrägliegenden Zylinder so angebracht, daß sie mit ihrem Tragrahmen zum Teil über die Feuerkiste emporragen.

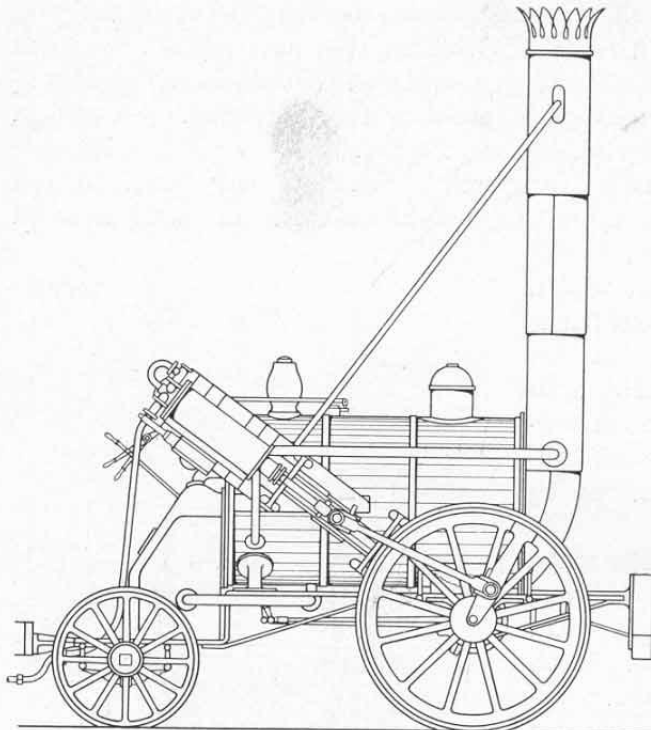


Fig. 722. Stephenson's „Rocket“ 1829.
(Nach Engineer 1880, Bd. II.)

Die Dampfkolben arbeiten mit Kreuzkopf und Schubstangen unmittelbar auf die Vorderachse. Die Zylinder sind 8 Zoll (203 mm) weit, der Kolbenhub beträgt $16\frac{1}{2}$ Zoll (419 mm), der Treibraddurchmesser $56\frac{1}{2}$ Zoll (1,4 m). Die Dampfverteilung geschieht durch Schieber, die von zwei Exzentern, die lose auf der Treibradachse sitzen, angetrieben werden, Fig. 720. Die Steuerung mit losen Exzentern wurde von den Schiffsmaschinen entlehnt. Umge-

steuert wird nach Ausklinken der Exzenterstange von Hand.²⁾

¹⁾ Trevithik hatte auch schon mehrere Röhren (bis drei) vorgeschlagen. Bei den amerikanischen Dampfbooten waren mehrere Heizröhren bereits üblich, und vor Stephenson, wenn wohl auch ihm unbekannt, hatte sich in Frankreich Séguin einen Heizröhrenkessel schützen lassen.

²⁾ Genauere Nachrichten über die Einzelheiten der „Rocket“ und über die mannigfachen Veränderungen, die sie im Laufe des ersten Betriebsjahres durchgemacht hat, fehlen fast ganz. Als man bei dem 50jährigen Jubiläum der Eisenbahn sich wieder besonders um die „Rocket“ bekümmerte, war es schon nicht mehr möglich, alle Einzelheiten festzustellen. Eine ganze Literatur ist inzwischen über die „Rocket“ und ihre Veränderungen entstanden, ohne die gewünschte Klarheit zu bringen. Man kann drei „Rocket“-Darstellungen unterscheiden: zuerst die von 1829, wie sie aus Zeichnungen, die von Stephenson selbst noch gesammelt wurden, und nach Modellen, die später nach Erinnerungen und einzelnen schriftlichen Angaben hergestellt wurden, sich ergibt; ferner die „Rocket“, die 1830 bei Eröffnung der Eisenbahn vorhanden war, wie sie Nasmyth am Eröffnungstage selbst skizziert hat, sowie endlich die im Kensington-Museum aufbewahrte „Rocket“. Die von Nasmyth skizzierte „Rocket“ zeigt gegen

Die Versuche im Oktober 1829 ergaben bei der „Novelty“ eine mittlere Geschwindigkeit von 15 Meilen (24,2 km) in der Stunde. Ein kleiner Maschinenschaden zwang sehr bald, die Versuche einzustellen. Spätere Versuche ergaben eine Höchstgeschwindigkeit von 21,3 Meilen (34,2 km) bei 10,5 t Zuggewicht. Hierbei aber rissen die Siederöhren im Kessel auf und die Versuche mußten aufgegeben werden. Die ganze Maschine hatte man in wenigen Wochen in größter Eile zusammengebaut; das rächte

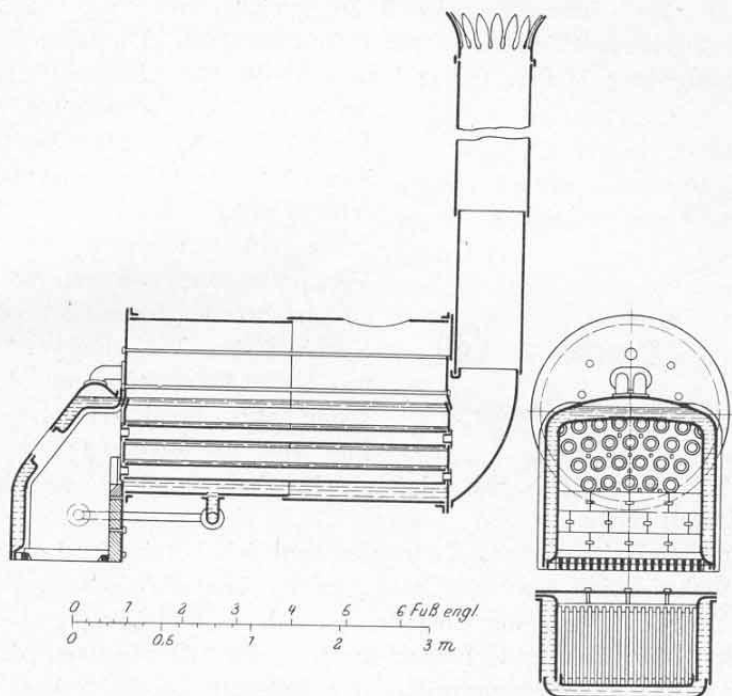


Fig. 723 bis 725. Kessel der „Rocket“.

sich jetzt. So mußte die „Novelty“, die durch ihre leichte, elegante Bauart und ihr geringes Gewicht die größte Aufmerksamkeit erregt und deren Sieg man schon als sicher vorausgesagt hatte, aus dem Wettbewerb

die Versuchsmaschine ein so vollkommen verändertes Bild, daß man fast an eine vollkommen neue Maschine glauben möchte. Sie zeigt wagerecht angeordnete Zylinder, hat eine mit den übrigen Kesseln vollkommen zusammengebaute Feuerbüchse und eine besondere Rauchkammer. Eine gute Abbildung von dieser „Rocket“ gibt der Engineer 1884, Bd. II. — Die „Rocket“ des Kensington-Museums weicht ebenfalls sehr beträchtlich in der Anordnung der Zylinder, des Kessels, der Feuerbüchse usw. von der ersten Ausführung ab. Auch sie wird nicht mehr viel von der ursprünglichen „Rocket“ enthalten. — s. Engineer 1884, Bd. II, S. 191 und 1880, S. 210 u. 217, sowie 1876, Bd. I; ferner Z. d. V. d. Ing. 1887, S. 289, wo Prof. Keller eine Rekonstruktion der „Rocket“ gibt.

ausscheiden. Immerhin hatten die Versuche gezeigt, daß sie nur halb so schwer war, als die anderen Lokomotiven und bei der gleichen Leistung wie diese nur halb so viel Brennstoff verbrauchte.

Die „Sanspareil“ erreichte bei einem gesamten Zuggewicht von 19,4 t eine mittlere Geschwindigkeit von fast 14 Meilen (22,5 km) in der Stunde. Nach acht Probefahrten mußten aber die Versuche unterbrochen werden, weil die Speisepumpe aussetzte und der Kessel infolgedessen auch gelitten hatte. So blieb die „Rocket“ allein übrig.

Die „Rocket“ hatte bei einem Zuggewicht von 17,3 t 13,4 Meilen (21,56 km) durchschnittliche Geschwindigkeit erreicht. Die Höchstgeschwindigkeit betrug 21,4 Meilen (34,44 km). 57 Minuten brauchte man zum Anheizen. Am ersten Tage bot das Blasrohr fast keinerlei Vorteil. Das Feuer brannte beim Stillstand der Maschine nicht schlechter als beim Betrieb. Änderungen, die zwischen den Versuchen vorgenommen wurden, ergaben bereits wesentlich günstigere Verhältnisse. Die „Rocket“ erreichte mit einem Personenwagen, der 36 Personen faßte, bereits eine Geschwindigkeit von 28 Meilen (45 km) in der

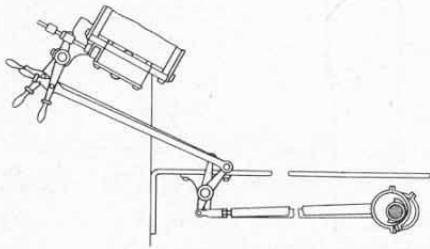


Fig. 726. Steuerung der „Rocket“.

Stunde. Sehr wesentlich war, daß sie bei keinem der Versuche irgend welchen Unfall hatte.

Die großen Erfahrungen, die Stephenson sich bereits im Lokomotivbau und Eisenbahnbetrieb erworben hatte, kamen hier zur Geltung.

Die „Rocket“ ging als Siegerin aus dem Wettkampfe hervor; sie hatte selbst die kühnsten Erwartungen derer übertroffen, die in der Lokomotive das Beförderungsmittel der Zukunft bereits erkannt hatten. Der Preis wurde dem Erfinder des Röhrenkessels, Booth, und dem Erbauer der Lokomotive, Stephenson, zu gleichen Teilen zugesprochen.

Sehr bescheiden aber waren die Leistungen noch, verglichen mit den Anforderungen, die bereits wenige Jahre nach dem Beginne des Eisenbahnwesens an Lokomotiven gestellt wurden. Die „Rocket“ leistete etwa 12 PS_i und verbrauchte 18 bis 20 Pfd. (8,2 bis 9,1 kg) Koks für 1 PS-st. Die Änderungen, die nach den Versuchen mit der Maschine vorgenommen wurden, brachten sie auf etwa 20 PS_i. Das war schon eine große Leistung gegenüber den früheren Lokomotiven, die gewöhnlich im normalen Betriebe höchstens 10 PS_i leisteten und dabei 30 bis 40 Pfd. (13,6 bis 18,1 kg) Kohlen für 1 PS-st verbraucht hatten. Die Verdampfung betrug etwa 3 $\frac{1}{2}$ Pfd. Wasser für 1 Pfd. Kohlen. Die „Rocket“ brauchte etwa 1,63 Pfd. Koks für die Meilentonnen (0,452 kg für 1 tkm), ausschließlich Maschinengewicht, wogegen die „Novelty“ mit nur 0,613 Pfd. (0,17 kg für 1 tkm) auskam. Bei der Eröffnung der Bahn 1830, also ein Jahr

nach den Versuchen, betrug der Brennstoffverbrauch bei den normalen Maschinen 0,67 und 0,78 Pfd. für die Meilentonne (0,186 bis 0,218 kg für 1 tkm).¹⁾

3. Die weitere Ausbildung der Lokomotive.

Mit dem Preiswettfahren zu Rainhill 1829 und der feierlichen Eröffnung der ersten großen Eisenbahn 1830 war die Frage, ob Lokomotiven oder ortsfeste Dampfmaschinen als Verkehrsmittel bei der Eisenbahn zu verwenden seien, zugunsten der Lokomotiven entschieden. Überall begann man Eisenbahnen zu bauen und den Lokomotiven die für ihre bestimmten Zwecke günstigste Ausbildung zu geben. Auch hier ging nicht der Fortschritt in gerader Linie vorwärts, noch öfter wurde auf frühere Konstruktionen zurückgegriffen und Ausführungen wiederholt, denen frühere Erfahrungen bereits das Urteil gesprochen hatten.

Zunächst galt es, größere Leistungen zu erzielen. Die ersten Maschinen des Wettkampfes zu Rainhill waren viel zu schwach, um den Anforderungen des Eisenbahnbetriebes zu genügen. Noch vor der Eröffnung der Liverpool-Manchester-Bahn gab man eine größere Anzahl Lokomotiven in Auftrag. Die Dampfzylinder dieser Maschinen hatten bereits 10 bis 11 Zoll (254 bis 279 mm) Zylinderdurchmesser bei 16 Zoll (406 mm) Hub. Die Kessel hatten 90 bis 92 Röhren von je 2 Zoll (50,7 mm) Durchmesser. Der Dampfdruck im Kessel betrug nach wie vor 50 Pfd./Qu.-Zoll (3,5 kg/qcm). Die Zylinder lagen weniger schräg, aber doch noch so von der wagerechten abweichend, daß die Kolbendrucke auf die Federn wirkten und einen sehr schwingenden Gang verursachten.

Eine 1830 für die Canterbury and Whitstable Railway erbaute Lokomotive, Fig. 727, weist schrägliegende Zylinder wie die „Rocket“ auf. Nur sind die Lauf- und Treibräder hier gleich groß (4 Fuß = 1,2 m). Die Treibachse liegt in der Nähe der zylindrischen Feuerbüchse und die Maschine ist über den Laufrädern nahe beim Schornstein angeordnet. Die Zylinder haben 10 Zoll (254 mm) Durchmesser bei 18 Zoll (457 mm) Hub.

Einen wesentlichen Schritt vorwärts tat hier Timothy Hackworth, der am 3. März 1830 den Entwurf zu einer neuen Lokomotive für die Stockton-Darlington-Bahn an Stephenson einsandte. Bei diesen neuen Lokomotiven lagen die Zylinder wagerecht zwischen den Rädern und arbeiteten auf eine gekröpfte Welle. Auf dem Kessel war hier zum ersten Male ein kugelförmiger Dampfdom angeordnet, nach dem die Maschine den Namen „Globe“ erhielt.

¹⁾ s. Zerah Colburn, Locomotive Engineering, London 1871, S. 30 u. f. In diesem Werke werden auch sehr ausführlich die ersten Lokomotiven und die Versuche mit ihnen besprochen.

Ehe aber der „Globe“ in Betrieb kam, wurde der „Planet“ von Stephenson an die Liverpool-Manchester-Bahn abgeliefert und dort am 4. Oktober 1830 in Betrieb gestellt. Es war dies die erste von Stephenson erbaute Maschine mit zwischen den Rahmen liegenden Zylindern, gekröpfter Achse und Röhrenkessel. Die Zylinder lagen in der Rauchkammer und waren somit aufs beste gegen Wärmeabgabe geschützt. Der „Planet“ galt lange Zeit als die beste englische Lokomotive; er diente der ganzen Welt als Vorbild, das vielfach bis in die kleinsten Einzelheiten nachgebaut wurde.¹⁾

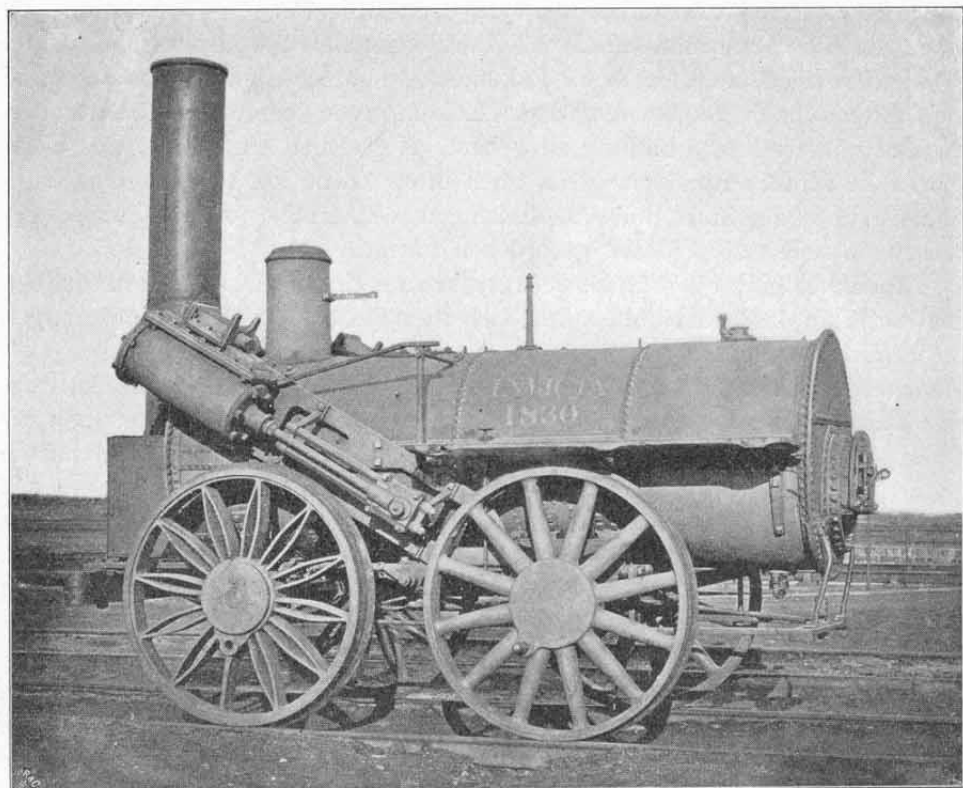


Fig. 727. Lokomotive mit schrägliegender Maschine, England 1830.

(Nach The Lokomotive Publishing Co., London.)

Der „Planet“ zog bereits einen Zug von 76 t Nutzlast mit $15\frac{1}{2}$ Meilen (25 km) stündlicher Geschwindigkeit. Das Dienstgewicht der Lokomotive betrug 9,5 t. Die Zylinder hatten 11 Zoll (279 mm) Durchmesser bei 16 Zoll (406 mm) Hub. Der Kessel maß 3 Fuß (914 mm) im Durchmesser und war $6\frac{1}{2}$ Fuß (1,98 m) lang. Die Feuerbüchse hatte eine Heizfläche von 37,25

¹⁾ Vor dem „Planet“ war am 22. Juli 1830 auch eine von Kennedy entworfene, von Bury ausgeführte Lokomotive mit wagrecht angeordneten Zylindern in Betrieb gekommen, aber ohne Verwendung des Röhrenkessels.

Qu.-Fuß (3,46 qm), und die 129 Röhren von je $1\frac{5}{8}$ Zoll (41,2 mm) Durchmesser ergaben 370 Qu.-Fuß (34,37 qm) Heizfläche.¹⁾

An den Lokomotiven der Liverpool-Manchester-Bahn wurden auch 1834 bereits sehr ausgedehnte wissenschaftliche Versuche durch P. M. G. de Pambour ausgeführt. Durch sie sollte Klarheit über die Verdampfungsfähigkeit, über die Beziehungen zu der Geschwindigkeit und Belastung der Lokomotive, über die Reibung auf den Schienen, den Widerstand der Luft, ferner über die Wirkung des Blasrohres, über die Bedeutung der Schieber-einstellung, besonders das Voreilen des Schiebers usw. geschaffen werden. Auf Grund dieser Versuche schuf de Pambour auch die erste Theorie der Lokomotive und Hochdruckmaschine, die jahrzehntelang in größtem Ansehen stand.²⁾

Bei der weiteren Entwicklung der Lokomotive war vor allem der größte Wert auf Betriebssicherheit zu legen, eine Forderung, der die ersten Lokomotiven noch keineswegs entsprachen. Die Reparaturkosten waren so hoch, daß von einem wirtschaftlichen Betrieb anfangs nicht geredet werden konnte. 1832 betragen die Reparaturkosten für die Lokomotive 9,3 d für 1 Zugmeile, im nächsten Jahre schon 10,8 d und 1834 11,17 d und 1835 sogar 13,1 d (4,9 bis 6,96 Pfg. für 1 km). Von den 30 Lokomotiven, die die Liverpool-Manchester-Bahn 1834 besaß, waren 10 überhaupt unbrauchbar, und für die übrigen 20 hatte man in einem halben Jahre so viel Reparaturkosten zu bezahlen, daß man sich 12 neue hätte kaufen können. Der durchschnittliche Preis betrug damals 700 bis 800 £. Gegenüber diesen Betriebsausgaben für die Wiederherstellungsarbeiten kamen die Brennstoffkosten trotz des riesigen Brennstoffverbrauchs noch wenig in Betracht. Sie betragen anfangs nur etwa $\frac{1}{2}$, 1834 sogar nur $\frac{1}{3}$ der Reparaturkosten.

Während der Brennstoffverbrauch anfangs wohl doppelt so hoch war wie einige Jahrzehnte später, waren die Kosten für die Instandhaltung der Lokomotive anfangs mindestens zwölfmal so groß wie später. Notwendiger als „neue“ Lokomotiven waren jetzt betriebssichere Maschinen. Was darin zu leisten war, sieht man am besten, wenn man sich die Mängel der Lokomotive bis 1834 vor Augen führt.

Vor allem empfindlich war anfangs der Kessel, dessen kupferne Siederöhren sehr schnell durch die scharfen Koksteilchen, die der außerordentlich starke Zug hindurchjagte, zerstört wurden. Dyon schlug deshalb 1833 vor, das Kupfer durch widerstandsfähigeres Messing zu ersetzen. Die Roststäbe lagen zu weit auseinander, schlossen sehr ungenau an die Seiten der Feuerbüchse an, die Folge davon war, daß der Brennstoff in Massen hin-

¹⁾ Zeichnungen des „Planet“ s. Pouillet et le Blanc, Portef. Industr., Vol. I, Paris 1834, Tafel 9 bis 12.

²⁾ s. de Pambour, Theoretisches praktisches Handbuch über Dampfwagen n. d. 2. Aufl. deutsch bearbeitet von Dr. C. H. Schnuse, Braunschweig 1841; auch Colburn, Locomotive Engineering, London 1871, berichtet ausführlich über die Pambourschen Versuche.

durchfiel. Ein Aschfall war gewöhnlich nicht vorhanden. Der Kessel war ohne Rücksicht auf Wärmeausdehnung mit den Rahmen verbunden.

Die Rahmen der Lokomotive waren noch roh aus Holz und Eisen zusammengeschlagen. Die Lager waren viel zu klein bemessen und nutzten sich deshalb sehr stark ab. Stählerne Zapfen und gehärtete Lagerbüchsen kannte man noch nicht. Ein Ausgleich der bewegten Massen fand nicht statt. Starke Schläge und Stöße in der Maschine waren die Folge. Dazu kam, daß man mit der Bedienung der Lokomotive noch sehr wenig Bescheid wußte und man besonders bei der Umkehr der Bewegung Zumutungen stellte, die starke Stöße im ganzen Mechanismus zur Folge haben mußten. Die Steuerung war sehr unbeholfen und verursachte ebenfalls starke Stöße beim Handhaben.

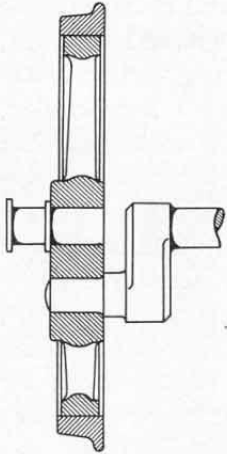


Fig. 728.
Baldwin-Achse.

Auch die Einzelteile der Dampfmaschine waren noch äußerst mangelhaft ausgeführt. Kolbenpackung und vor allem die Einstellung der Steuerung machten die größten Schwierigkeiten.

Hier setzte die Arbeit zahlreicher Ingenieure ein und schuf in verhältnismäßig kurzer Zeit eine Lokomotive, die im Prinzip nichts Neues, aber durch die beste Ausführung ihrer Einzelheiten eine früher nicht für möglich gehaltene Betriebssicherheit bot. Nebenbei suchte man auch durch neuere Formen, andere Anordnungen der Zylinder und des Kessels Vorteile zu erzielen. Man griff hierbei auf schon früher vielfach versuchte Ausführungen zurück.

Am erfolgreichsten bemühte sich damals Amerika neben England um die weitere Entwicklung der Lokomotive.¹⁾

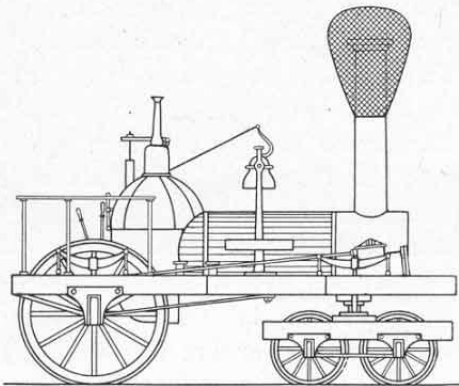


Fig. 729. Baldwin-Lokomotive 1833.
(Nach Colburn, Locomotive Engineering 1871.)

Die ersten Eisenbahnen Amerikas wurden 1826 erbaut und durch Pferde betrieben. 1828 sandte eine amerikanische Gesellschaft den Ingenieur Horatio Allen nach England, um

drei Lokomotiven zu kaufen. Der „Stourbridge Lion“ war die erste Lokomotive, die in Amerika gelaufen ist. Sie glich in der Ausführung vollkommen der in Fig. 718 abgebildeten Lokomotive. Am 8. August 1829 machte sie ihre erste Fahrt. Der Kessel war $16\frac{1}{2}$ Fuß (5,03 m) lang, die

¹⁾ s. Engineer 1883, Bd. II, S. 84.

zwei Zylinder hatten 3 Fuß (914 mm) Hub. Die Lokomotive wog 7,1 t, und auch hier zeigte es sich, daß die Schienen für solche Last noch zu schwach waren.

1829 wurde die erste Lokomotive in Amerika selbst gebaut; sie diente aber nur Versuchszwecken und sollte zeigen, daß man auch scharf gekrümmte Bahnen mit Lokomotiven befahren könne.

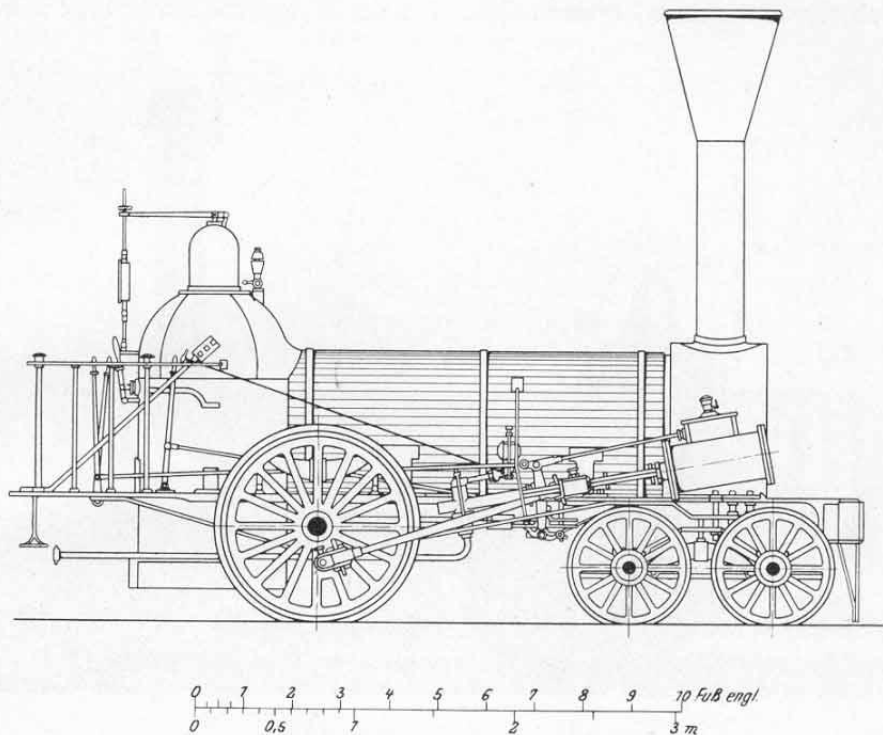


Fig. 730. Lokomotive von Norris in Philadelphia.

(Nach Hodge, Steam Engine, New York 1840.)

Die 1830 auf der West Point Foundry in New York erbaute Lokomotive „Best Friend“, war die erste in Amerika für den normalen Eisenbahnbetrieb erbaute Lokomotive. Sie hatte einen stehenden Kessel, eine stehende Feuerbüchse, ähnlich wie die „Novelty“, und einen auf dem Rahmen schrägliegenden Zylinder von 6 Zoll (152 mm) Durchmesser, 16 Zoll (406 mm) Hub. Sie wurde infolge Unachtsamkeit des Heizers schon 1831 durch eine Kesselexplosion zerstört. In derselben Fabrik wurde 1831 nach dem Entwurf von John B. Jervis die erste Maschine mit Drehgestell gebaut. Jervis sandte die Zeichnung auch nach England, und Stephenson baute danach ebenfalls Maschinen mit Drehgestell für ausländische Linien.

Großen Einfluß auf die Ausgestaltung der Lokomotive und ihrer Ausführung gewann Mathew Baldwin, ein Goldschmied in Philadelphia, der

1831 zuerst eine kleine Modelllokomotive für das Museum zu Philadelphia anfertigte. 1832 baute er für die Eisenbahn zu Philadelphia die erste große Lokomotive, die „Old Ironsides“, die mit zwei $9\frac{1}{2}$ Zoll (241 mm) weiten Zylindern bei 18 Zoll (457 mm) Hub ausgerüstet war. Die Zylinder lagen wagrecht zwischen den Rahmen. Um die gekröpfte Kurbelwelle zu vermeiden, führte Baldwin die Achsen, wie Fig. 728 zeigt, aus. Die Zylinder lagen ausseits der Rauchkammer. Die Dampfverteilung geschah durch D-Schieber, von denen jeder durch einen einzigen losen Exzenter bewegt wurde.

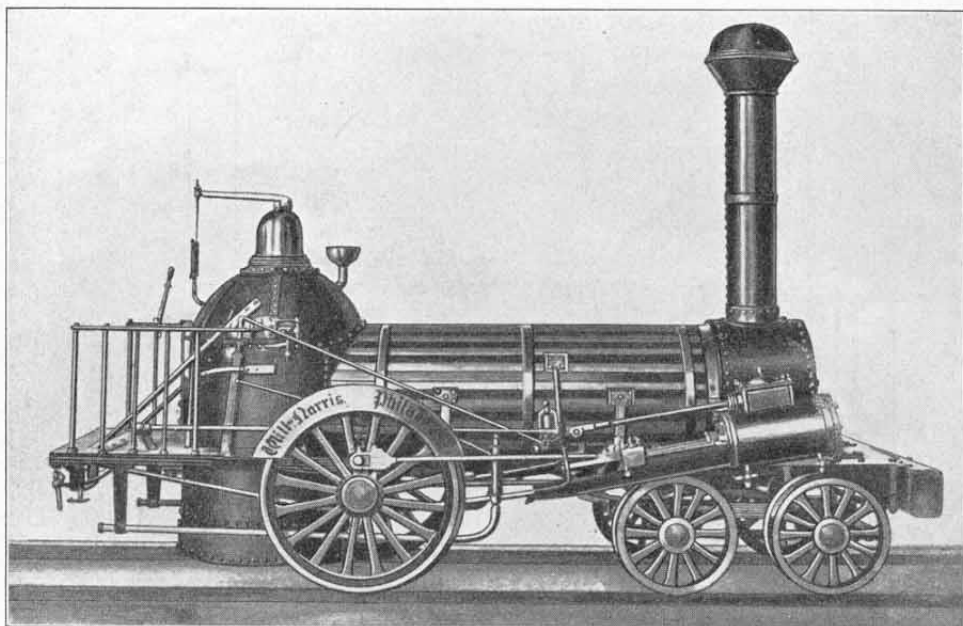
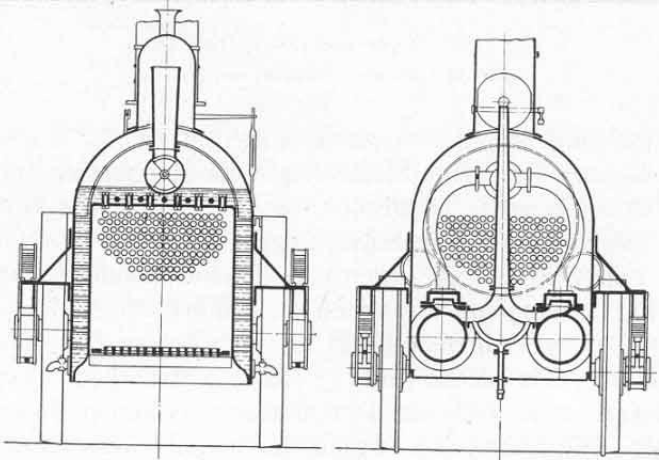
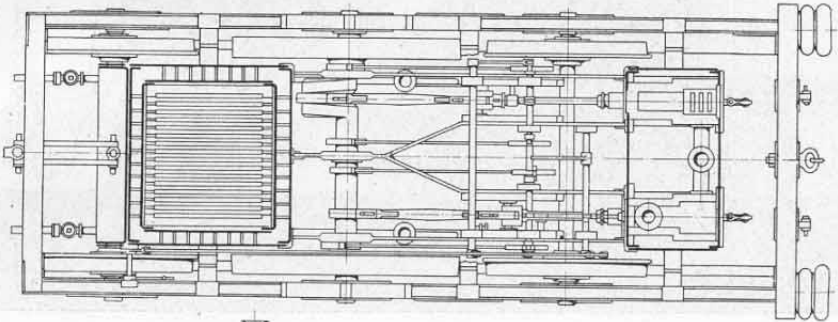
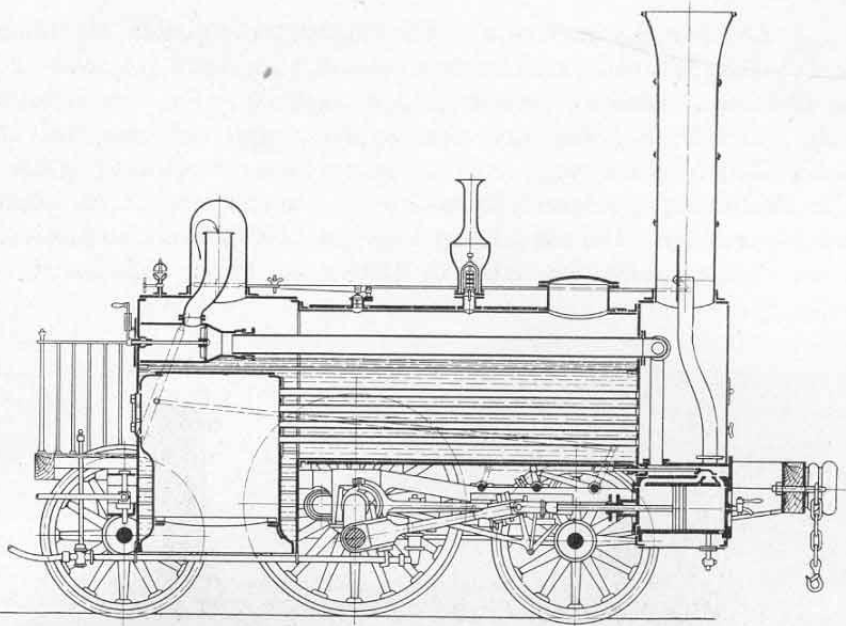


Fig. 731. Norris-Lokomotive 1840.

(Conservatoire des arts et métiers, Paris.)

1833 baute Baldwin seine erste dreiachsige Lokomotive mit vorderem Drehgestell, Fig. 729. Der Kessel hatte eine runde Feuerbüchse mit hohem Dampfraum, eine Form, die später auch in Deutschland vielfach angewendet wurde. Von 1836 bis 1837 erbaute Baldwin etwa 80 Lokomotiven, die 9 bis 12,5 t wogen und mit 8 bis 9 at Betriebsdruck arbeiteten, während in England 3,5 bis 4,2 at üblich waren. Kessel und alle dampfführenden Teile waren sehr sorgfältig ausgeführt. Durch genaues Anpassen und Einschleifen hatte man damals schon gutes Dichthalten ohne Kitt und Liederungen erreicht. 1834 ersetzte auch Baldwin bereits die Steuerung mit losen Exzentern durch die Gabelsteuerung mit zwei festen Exzentern.

Neben Baldwin erlangte vor allem William Norris einen großen Ruf im Lokomotivbau. Seine erste Lokomotive baute er 1832. Besonders auch auf den kontinentalen Lokomotivbau übte Norris großen Einfluß aus. 1839



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Fuß engl.
0 0,5 1 2 3 m

Fig. 732 bis 735. Stephenson's Patentlokomotive (1833) 1836.
(Nach Tredgold, Steam Engine, London 1838.)

lieferte er die erste Lokomotive für eine englische Eisenbahn, bis 1850 hat Norris 150 Lokomotiven nach Europa gesandt; in Wien gründete er eine Lokomotivfabrik. Eine Norris-Lokomotive zeigt Fig. 730. Die Treibachse liegt hier vor der Feuerbüchse. Die Zylinder sind schrägliegend außen neben der Rauchkammer angeordnet. Sehr schön ausgeführte große Modelle im Maßstab 1:4 seiner Lokomotive ließ Norris einigen europäischen Fürsten überreichen. Die 1841 Louis Philippe überreichte Lokomotive, die heute im Conservatoire des Arts et Métiers zu Paris aufbewahrt wird, zeigt Fig. 731.

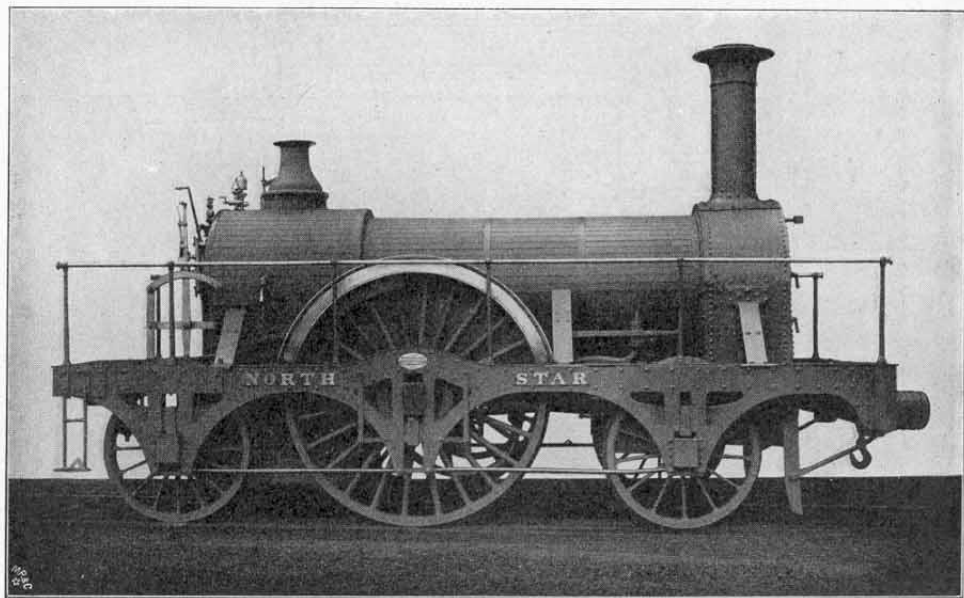


Fig. 736. Stephenson-Lokomotive 1837.

(Nach The Locomotive Publishing Co., London.)

In Europa ging Stephenson auch weiterhin in der Entwicklung der Lokomotive voran. Der Planetklasse folgte die Stephensonsche Patentlokomotive von 1833 (Nr. 6484, 31. Oktober 1833). Es war dies eine dreiachsige Lokomotive mit in der Rauchkammer eingebauten Zylindern und gekröpfter Welle. Die Fig. 732 bis 735 zeigen eine Patentlokomotive, wie sie 1836 für die London-Birmingham-Eisenbahn ausgeführt wurde.¹⁾

Der Kessel ist 7 Fuß 6 Zoll (2,3 m) lang bei 42 Zoll (1,07 m) äußerem Durchmesser. Die Bleche sind $\frac{5}{16}$ Zoll (7,9 mm) dick. 124 Heizröhren von $1\frac{5}{8}$ Zoll (41,3 mm) äußerem Durchmesser verbinden Feuerbüchse und Rauchkammer. Die Rohrenden werden durch Eintreiben kurzer, ein wenig

¹⁾ Sehr ausführlich beschrieben und dargestellt in Tredgold, Steam Engine, London 1838, S. 407 bis 469, Taf. 89 bis 92.

konischer Stahlbüchsen gedichtet. Die Zylinder haben 12 Zoll (305 mm) Durchmesser bei 18 Zoll (457 mm) Hub. Die auf den Zylindern angeordneten Muschelschieber werden wie bei den ersten Lokomotiven noch mit losem Exzenter angetrieben. Erst Ende der 30er Jahre werden feste Exzenter mit Gabelsteuerung verwendet.

Eine 1837 von Stephenson erbaute Lokomotive dieser Bauart von 16 Zoll (406 mm) Zylinderdurchmesser und 18 Zoll (447 mm) Hub zeigt Fig. 736.

Sehr bemerkenswert waren auch die Lokomotiven, die seit 1830 von Edward Bury in Liverpool ausgeführt wurden. Der Kessel der Bury-Maschine hatte eine zylindrische Feuerbüchse und die Rohrreihen waren in Kreisbogenform übereinander angeordnet. Die Maschine besaß sehr leicht gehaltene innenliegende Rahmen. Kennzeichnend für die Bury-Lokomotive war, daß ausschließlich zwei Achsen, die zwischen Rauchkammer und Feuerbüchse angeordnet waren, Verwendung fanden. Die Bury'schen Personenzuglokomotiven hatten 12 Zoll (305 mm) Zylinderdurchmesser, 18 Zoll (457 mm) Hub und wogen $8\frac{1}{2}$ bis 10 t. Die durchschnittliche Zuggeschwindigkeit war 25, die höchste 50 Meilen (80,5 km) in der Stunde. Die ganze Heizfläche betrug 420 Qu.-Fuß (39qm).¹⁾

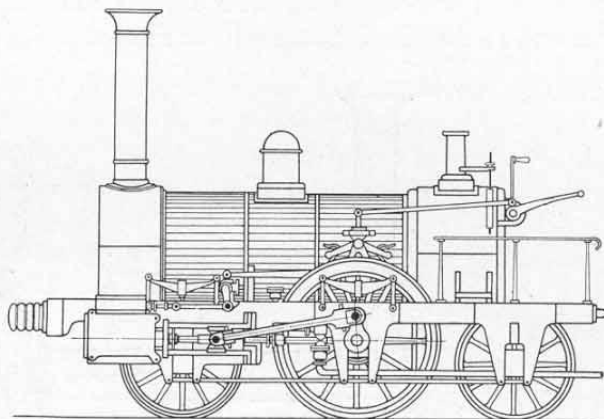


Fig. 737. Lokomotive von Forrester 1834.

(Nach Colburn, Locomotive Engineering 1871.

1834 erbaute George Forrester & Co. in Liverpool auch Maschinen mit außenliegenden Zylindern, die größte Beachtung erfuhren. Eine Forrester-Lokomotive aus dem Jahre 1834 zeigt Fig. 737.

Die Zylinder sind außen an dem außenliegenden Rahmen angeordnet. Die Kurbeln, an denen die Schubstangen angreifen, sind somit verhältnismäßig weit von den Rädern entfernt. Da die Zylinder ganz vorn lagen, die Räder nicht ausbalanciert waren, so war der Gang so unruhig, daß die Lokomotive bald der „Boxer“ hieß. Mit der Forrester-Lokomotive begann der Kampf zwischen den Lokomotiven mit innen- und außenliegenden Zylindern.

Den Lokomotiven mit innenliegenden Zylindern rühmte man einen durch die näher aneinanderliegenden Zylinder bedingten ruhigen, sicheren

¹⁾ s. Clark, Railway Machinery, Glasgow 1855.

Gang nach. Ferner ließen sich hier die Zylinder in der Rauchkammer anordnen und so auf das beste gegen Abkühlung schützen. Auch gegen äußere Verletzungen war die zwischen den Rahmen eingebaute Dampfmaschine besser geschützt. Als einer der größten Übelstände galt die Notwendigkeit, gekröpfte Achsen anzuwenden, da anfangs sehr viel Betriebsstörungen durch Achsenbrüche vorkamen. Die außenliegende Dampfmaschine war leicht zugänglich und ließ Reparaturen leichter und schneller durchführen.

Wie alle Fragen, wo wechselseitige Vorteile sich gegeneinander ausschließen, ließ sich auch diese nicht endgültig entscheiden. Je nachdem man diese oder jene Vorteile höher schätzte, wurden Maschinen mit innen- oder außenliegenden Zylindern verwendet. So blieb England fast ausschließlich der Stephenson'schen Bauart mit innenliegenden Zylindern treu, während Deutschland Lokomotiven mit außenliegenden Zylindern bevorzugte.

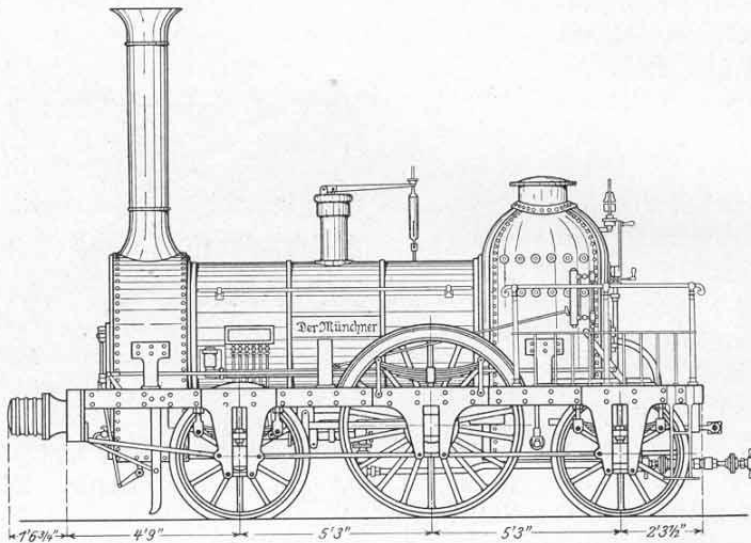


Fig. 738. Die erste Lokomotive von J. A. Maffei 1841.

Seit Mitte der 30er Jahre begann man auch auf dem Kontinent Eisenbahnen in immer größerer Zahl zu bauen, deren Lokomotiven, zunächst noch aus England und zum Teil auch aus Amerika bezogen, bald auch als Muster für den in den einzelnen Ländern sich entwickelnden Lokomotivbau benutzt wurden. Die erste in Deutschland erbaute Lokomotive war die „Saxonia“, die nach dem Entwurf von Schubert 1838 von der Aktienmaschinenfabrik in Dresden-Übigau für die Leipzig-Dresdener Eisenbahn geliefert wurde. Es war eine dreiachsige Lokomotive nach englischem System mit innenliegenden Zylindern.

Die erste von J. A. Maffei in München 1841 erbaute Lokomotive, der „Münchener“, zeigt Fig. 738. Sie entspricht der Stephenson'schen Patentlokomotive, zeigt aber eine erhöhte Feuerbüchse. Die in die Feuerbüchse

eingebauten Zylinder haben 12 Zoll (305 mm) Durchmesser und 18 Zoll (457 mm) Hub. Die Triebräder haben ebenso wie bei Stephenson keinen Laufkranz, sondern glatte Ränder. Die Maschine arbeitete bereits mit einem Kesseldruck von 6 at. Die Heizfläche betrug 497 (46 qm), die Rostfläche 10 Qu.-Fuß (0,93 qm).

Im gleichen Jahre erbaute auch A. Borsig in Berlin seine erste Lokomotive, zu der die Konstruktion von Norris als Muster diente. Sie wich insofern von der amerikanischen Ausführung ab, als sie mit Expansion arbeitete und eine vierte Achse hinter der Feuerbüchse hatte. Die Zylinder von 300 mm Durchmesser bei 470 mm Hub waren außen schrägliegend neben der Rauchkammer angeordnet.

Bei der allgemeinen Ausstellung deutscher Gewerbezeugnisse in Berlin 1844 konnte Borsig bereits die 24ste Lokomotive ausstellen, der er den Namen des großen Förderers des preußischen Gewerbewesens „Beuth“ gab. Die Fig. 739 bis 741 zeigen diese damals allgemein bewunderte Lokomotive. In der Anordnung der Achsen gleicht sie der Stephenson'schen, in der Bauart der Maschine und des Kessels der Norrisschen Konstruktion.

In dem amtlichen Ausstellungsbericht über diese Lokomotive wird hervorgehoben, daß bei der Konstruktion des Kessels und seiner Verbindung mit dem Rahmen auf die Wärmeausdehnung besonders Rücksicht genommen ist. Der Kessel, 40 Zoll pr. (1,04 m) im Durchmesser, enthält III Messingröhren von $1\frac{7}{8}$ Zoll (49 mm) Durchmesser und 10 Fuß (3,1 m) Länge, die in zehn Reihen übereinander angeordnet sind. Die zylindrische, oben kuppelartig ausgebildete Feuerbüchse ist aus gewalztem Kupfer gefertigt. Ein aus Rotguß gefertigter Aufsatz schließt die Kuppel. An ihm sind zwei Sicherheitsventile angebracht. Der Dampf wird von der höchsten Stelle des Dampfdomes entnommen, „um die reinen Dämpfe, befreit von den mechanisch mit fortgerissenen Wasserteilchen, aufnehmen und nach dem Zylinder führen zu können“. Der ganze Kessel ist mit Filzplatten belegt, die mit Holz bzw. Kupfer bekleidet sind. Außer den zwei Sicherheitsventilen ist noch als Manometer ein drittes Ventil mit Federwage angebracht. Es wird mit 3 at Überdruck gearbeitet. Die vorn neben der Rauchkammer schrägliegend angeordneten Dampfzylinder haben 13 Zoll pr. (340 mm) Durchmesser bei 22 Zoll (576 mm) Hub. Sie haben eine besonders betätigte Expansionssteuerung. Der auf den Grundschieber gleitende Expansionsschieber wird von einem Exzenter aus mit einem Schleifbogen bewegt, der gestattet, den Hub zu verstellen. Für die Steuerung des Grundschiebers wird hier schon eine Stephenson'sche Kulissee verwendet. Die Lokomotive kostete einschließlich des Tenders 12000 Reichstaler.¹⁾

¹⁾ s. Amtlicher Bericht über die Berliner Ausstellung 1844, abgedruckt auch mit Abbildungen in Verhandl. d. Ver. z. Beförd. des Gewerbl. in Pr. 1846 und in der Festschrift von A. Borsig bei Fertigstellung der 5000. Lokomotive.

In England brachte Stephenson 1841 wieder eine neue Bauart auf den Markt, die er sich durch Patente schützen ließ; sie fiel durch den ungewöhnlich langen Kessel besonders auf. Mit dem von 2,44 auf 4,26 m verlän-

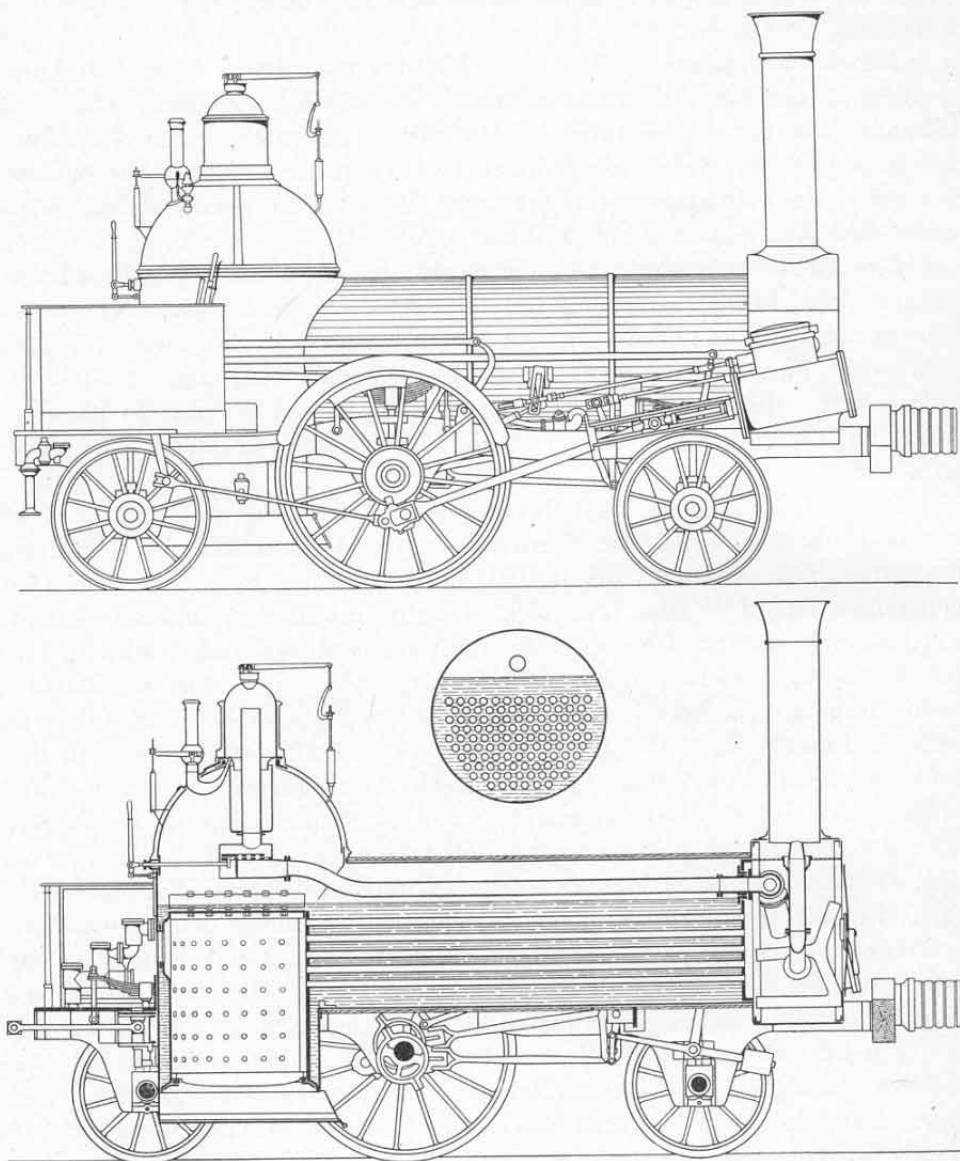


Fig. 739 bis 741. Borsigs Lokomotive „Beuth“ 1844.

gerten Kessel war die Heizfläche und damit die Leistungsfähigkeit entsprechend vergrößert. Die Temperatur in der Rauchkammer wurde von 410° auf 230° C. vermindert.¹⁾

¹⁾ s. Röll, *Encycl. d. Eisenbahnwesens*, Wien 1893, S. 2306.

Eine der ersten Lokomotiven, die „North Star“ stellt Fig. 742 dar.¹⁾ Der 4,11 m lange Kessel wird von 150 $1\frac{5}{8}$ Zoll (41,2 mm) weiten Röhren durchzogen. Die Gesamtheizfläche beträgt etwa 862 Qu.-Fuß (80 qm). Die Zylinder hatten meistens 13 bis 15 Zoll (330 bis 381 mm) Durchmesser. Die Schieberspiegel waren senkrecht angeordnet und einander zugekehrt, es wurden somit die Zwischenhebel vermieden, und Exzenter- und Schieberstangen konnten unmittelbar angreifen. Hier wurde auch bereits die so berühmt gewordene Stephenson'sche Kulissensteuerung verwendet.

Die Speisepumpe wurde hier auch zum erstenmal von einem der Exzenter auf der Treibachse der Maschine betrieben. Auch Kugelventile, die 1835 Melling, der Maschinenmeister der Liverpool-Manchester-Bahn, zuerst mit großem Erfolge statt der Kegel- und Klappenventile bei den Speisepumpen der Lokomotiven benutzt hatte, wurden bei den neuen Lokomotiven verwendet.

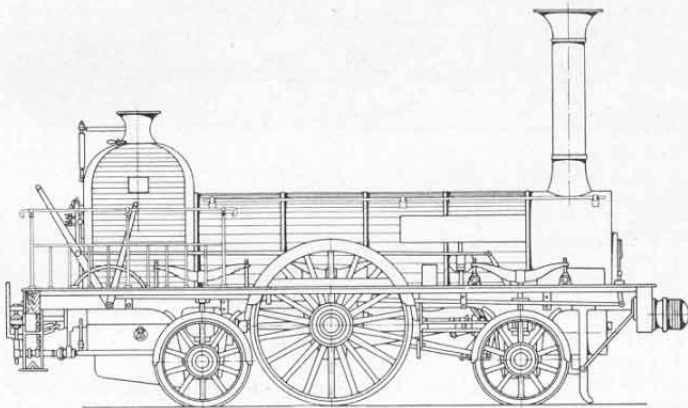


Fig. 742. Stephenson's Lokomotive mit langem Kessel.

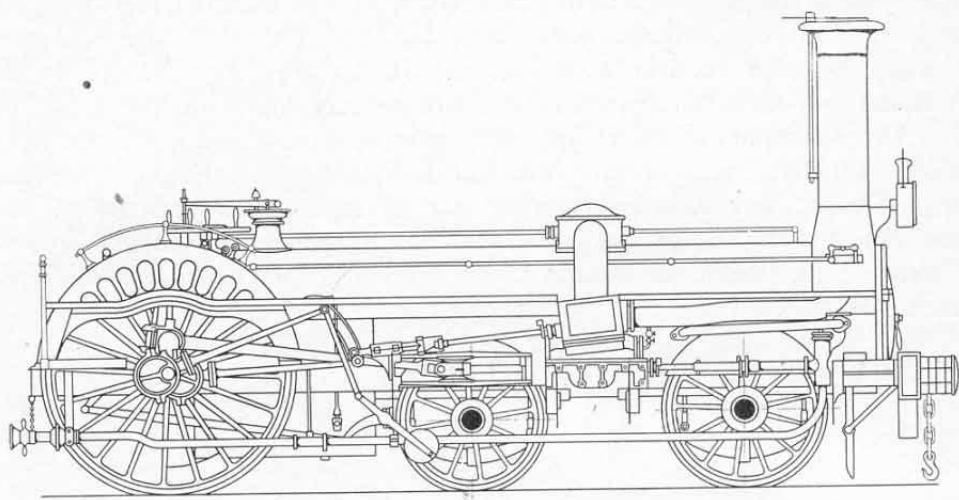
(Nach Engineer 1879, Bd. II.)

Stephenson und Howe ließen sich 1846 auch eine Dreizylindermaschine gesetzlich schützen, die aber nur in wenigen Exemplaren ausgeführt wurde. (Patent Nr. 11086, 10. August 1846.) Die drei Zylinder waren wagerecht nebeneinander angeordnet, und zwar hatte der Mittelzylinder das doppelte Volumen von den außenliegenden. Die Kurbeln der kleinen Zylinder waren gleichlaufend, die des mittleren um 90° dagegen versetzt. Man wollte dadurch die auftretenden Kräfte möglichst ausgleichen und die störenden Bewegungen der Lokomotiven beseitigen.²⁾

¹⁾ s. Engineer 1879, II, S. 396.

²⁾ Ausführlich wird über die Dreizylindermaschine auch berichtet: Heusinger, Organ, Bd. II, S. 80. Die Absicht, diese Dreizylindermaschine auch als Verbundmaschine laufen zu lassen, mag wohl nahe gelegen haben, wie sie auch Rühlmann, Bd. III, S. 295, erwähnt, ist aber nicht zur Ausführung gekommen.

Besonderes Aufsehen erregte die Lokomotivbauart, auf die der Londoner Ingenieur Crampton 1846¹⁾ und 1847 in England Patente erhielt. Bei den Crampton-Lokomotiven lag die Treibachse mit Rädern größten Durchmessers hinter der Feuerbüchse. Der Kessel konnte deshalb sehr tief



0 0,5 1 2 3 m

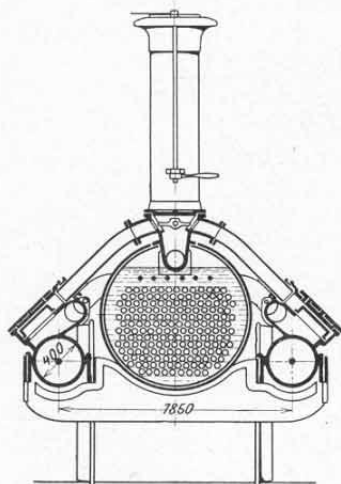


Fig. 743 und 744.

Lokomotive von Crampton um 1850.

(Nach Heusinger, Lokomotiv-Maschinen, Wiesbaden 1858.)

bis auf die Laufachse gesenkt und damit eine niedrige Schwerpunktlage erreicht werden.

¹⁾ Thomas Russell Crampton wurde am 6. August 1816 zu Broadstairs (Kent) geboren. Er starb am 19. April 1888 in London. Er war zunächst in London in verschiedenen Fabriken tätig, erbaute unter Gooch seine erste Lokomotive, arbeitete dann auch bei Rennie und gründete 1848 ein eigenes Geschäft. Von Crampton wurden übrigens auch die alten Wasserwerke in Berlin erbaut; s. Röhl, Encyclopädie des gesamten Eisenbahnwesens, Wien 1890, S. 829.

Die Cramptonsche Lokomotive wurde besonders in Frankreich auf den verschiedensten Bahnen frühzeitig benutzt und sehr oft ausgeführt. Eine französische Lokomotive dieser Bauart, 1849 von Derosne & Cail in Paris für die französische Nordbahn erbaut, zeigen die Fig. 743 und 744.

Ein Hauptnachteil der Crampton-Lokomotive war der geringe Treibachsendruck, der sich aus der ganzen Achsenordnung ergab. Die Zylinder waren außen in der Mitte zwischen den beiden Laufrädern angeordnet. Sie waren ebenso wie die außenliegende Steuerung bequem zugänglich. Die liegende Speisepumpe wurde hierbei unmittelbar hinter dem Zylinder angeordnet. Das gesamte Triebwerk wurde außen an dem langen Kessel angeordnet.

1847 wurde die erste Crampton-Lokomotive für die Eisenbahn Namur—Lüttich erbaut. Für die englische Eisenbahn wurde die erste Crampton-Lokomotive 1848 fertiggestellt. Sie hatte 18 Zoll (457 mm) Zylinderdurchmesser bei 24 Zoll (610 mm) Hub. Der 12 Fuß 3 Zoll (3,7 m) lange Kessel enthielt bereits 300 Röhren von je $2\frac{3}{16}$ Zoll (55,6 mm) Durchmesser; damit wurde eine Heizfläche von 2260 Qu.-Fuß (210 qm) erreicht.

Da man es bisher kaum für möglich gehalten hatte, ohne die Spurweite zu vergrößern, wesentlich leistungsfähigere Kessel zu erzielen, so bedeutete die Crampton-Lokomotive zugleich einen Sieg in dem „Battle of gauges“.

Die Überlegenheit der breiten Spur darzulegen, hatten Brunel & Gooch 1850 für die Great Western-Eisenbahn die Great Britain-Lokomotive ausgeführt, die mit Innenzylindern von 456 mm Durchmesser und 610 mm Hub ausgerüstet war und leer 31 t wog. Die gesamte Heizfläche betrug 181,34 qm bei 1,95 qm Rostfläche. 305 Rohre von 50 mm Durchmesser durchzogen den Kessel.

Die Freunde der normalen Spur beantworteten die Herausforderung mit einer Lokomotive „Liverpool“ nach Cramptonscher Bauart, die gleichgroße außerhalb des Rahmens liegende Zylinder hatte. Der Kessel hatte 292 Röhren von 56 mm äußerem Durchmesser mit 212,75 qm Gesamtheizfläche bei 1,99 qm Rostfläche. Das Betriebsgewicht der Lokomotive ohne Tender kam auf 35,5 t.

Eine in vielen Stücken hiervon abweichende Lokomotive, die von Stephenson ausgeführt wurde, erregte auf der Londoner Industrieausstellung 1855 große Aufmerksamkeit und Bewunderung. Kessel und Maschinenteile wurden von einem doppelten schmiedeeisernen Rahmen getragen; durch aufgenietete Winkeleisen verstärkte Querplatten versteiften den Rahmen und dienten zur Aufnahme verschiedener Maschinenteile. Die Zylinder hatten 400 mm Durchmesser bei 560 mm Hub. Die Maschine lief mit 250 Umdrehungen. Eine besondere Expansionssteuerung war nicht vorhanden; man begnügte sich mit der durch die Kulisser ermöglichten Expansion und legte den größten Wert auf Einfachheit. Das Dienstgewicht

¹⁾ s. Heusinger, Lokomotivmaschine, Wiesbaden 1858.

der Maschine betrug 27,1 t, der Kohlenverbrauch für 1 km bei einer durchschnittlichen Belastung von 107 t 8 bis 9 kg. Im regelmäßigen Eildienst erreichte die Lokomotive eine Geschwindigkeit von 75 km in der Stunde. Die ganze Lokomotive kostete 58000 Fr.¹⁾

Zwei weitere Bauarten englischer Lokomotiven aus jener Zeit veranschaulichen die nächsten Abbildungen. Fig. 745 ist eine 1847 erbaute Schnellzugslokomotive der London and North Western Railway mit $8\frac{1}{2}$ Fuß (2,59 m) großen Triebrädern. Die Zylinder von $17\frac{1}{2}$ Zoll (444 mm) Durchmesser und 24 Zoll (610 mm) Hub liegen außen.

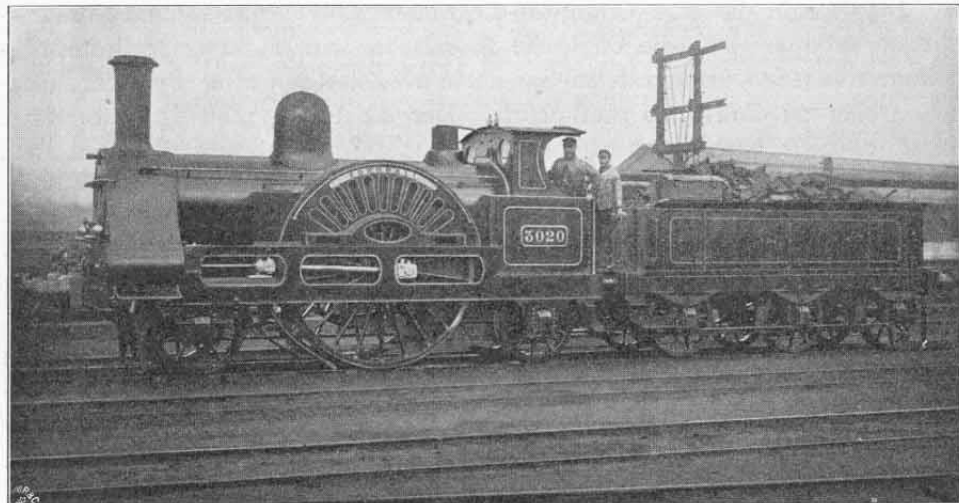


Fig. 745. Lokomotive in England 1847.

(Nach The Locomotive Publishing Co., London.)

Eine Schnellzugs-Tenderlokomotive der Great Western Railway mit zwei Drehgestellen und zwischen ihnen angeordneter Triebachse zeigt Fig. 746. Die beiden mächtigen, 9 Fuß (2,69 m) großen Triebräder wurden von den über dem vorderen Drehgestell eingebauten Zylindern von $16\frac{1}{2}$ Zoll (419 mm) Durchmesser und 24 Zoll (610 mm) Hub angetrieben.

Auf dem Kontinent wurde der Lokomotivbau wesentlich durch die Anforderungen, die von der Semmering-Bahn 1851 an die Leistungsfähigkeit der Lokomotive gestellt wurden, gefördert. Hier handelte es sich um eine Lokomotive, die besonders vorteilhaft auf starken Steigungen und engen Kurven angewendet werden konnte.²⁾

Ähnlich wie bei der Liverpool-Manchester-Bahn, schrieb man auch für die erste große Gebirgsbahn Preise „von 20000 Stück vollgewichtigen

¹⁾ s. Heusinger, Die Lokomotivmaschine, Wiesbaden 1858.

²⁾ Ausführlich darüber berichtet auch Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, Bd. III, S. 302.

kaiserlichen Dukaten“ aus. Das Jahr 1851 sollte die Entscheidung bringen. Vier Lokomotiven wurden zugelassen, von denen die „Bavaria“, von Maffei in München erbaut, den ersten Preis erhielt. Aber ebensowenig, wie eine der Preislokomotiven von Rainhill sich in dauerndem Betrieb bewährt hatte, so auch hier. Auf den Erfahrungen, die der Wettbewerb ergab, hieß es erst wirklich für den praktischen Betrieb brauchbare Lokomotiven zu bauen. Eine große Ingenieurarbeit wurde von allen Seiten auf die Lösung dieser Aufgabe verwendet. Schließlich gelang es dem Rat

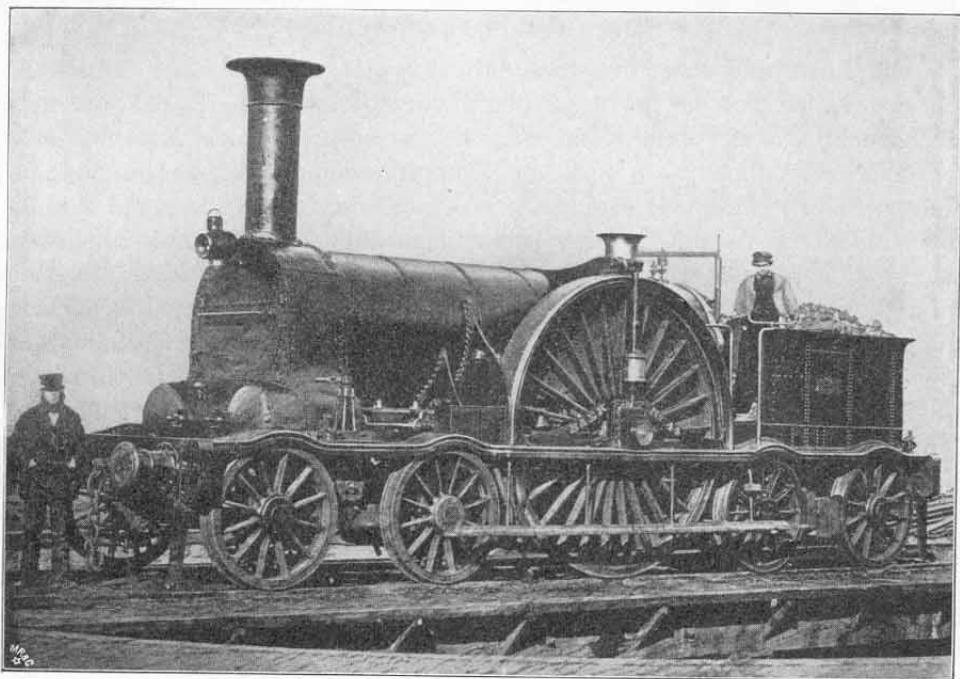


Fig. 746. Tenderlokomotive in England 1853.

(Nach The Locomotive Publishing Co., London.)

Engerth, unter Benutzung aller gemachten Erfahrungen, eine geeignete Berglokomotive zu entwerfen, bei der nur bereits erprobte Konstruktionen zur Verwendung kamen. Diese Tender-Lastzuglokomotiven „Bauart Engerth“ fanden die größte Verbreitung.¹⁾

Neben diesen epochemachenden Konstruktionen und Entwürfen trat eine Unzahl von anderen Bauarten auf, die, im Prinzip nicht wesentlich voneinander abweichend, in den Einzelheiten doch diese oder jene Vorteile für bestimmte Betriebsverhältnisse boten.

¹⁾ s. Zeitschr. des österr. Ing.-Ver. 1854, S. 146; ferner Engerth, Konstruktion der für den Betrieb der Semmering-Bahn geeigneten Tender-Lastzuglokomotive.

Die Entwicklung nach jeder dieser Richtungen hin zu verfolgen, liegt nicht im Rahmen eines Werkes, das nur in bestimmten Grenzen die Entwicklung der Lokomotivdampfmaschine zu schildern hat. Freilich steht die Entwicklung der ganzen Lokomotive mit der ihrer Dampfmaschine in engstem Zusammenhang. So muß z. B. eine richtige Gewichtsverteilung, die den ruhigen Gang der Lokomotive günstig beeinflußt, auch für die Arbeit der Dampfmaschine von größtem Vorteile sein. Deshalb seien hier noch kurz im Zusammenhange die Bemühungen, Massenausgleich zu erreichen, erwähnt.

Der Massenausgleich.

Die Lokomotivdampfmaschine unterscheidet sich in vieler Beziehung sehr wesentlich von der normalen Betriebsdampfmaschine. Es war die erste Hochdruckmaschine ohne Kondensation, die erste liegende Maschine und der erste Schnellläufer. Als andere Dampfmaschinen mit 20 bis 30 Umdrehungen sich bewegten, mußte die Lokomotivmaschine schon mit 100 bis 200 Umdrehungen laufen. Diese ganz ungewöhnlich hohe Umdrehungszahl machte sich besonders durch starke Erschütterungen bemerkbar, da man anfangs nicht daran gedacht hatte, einseitig wirkende Gewichte, Schubstangen, Kurbeln, Kurbelzapfen usw., durch Gegenwichte auszugleichen. Die Maschinen mit außenliegenden Zylindern, bei denen der Hebelarm des Massendruckmomentes besonders groß war, ließen einen Massenausgleich besonders nötig erscheinen. Man kann annehmen, daß schon sehr früh diese Einflüsse und die Mittel sie zu heben erkannt wurden, daß man sie aber noch wenig anwandte, weil man glaubte, ohne sie auskommen zu können.

1831 erbaute Heaton einen Dampfstraßenwagen, der bei 160 bis 180 Umdrehungen der Maschine so ungleichmäßigen Gang hatte, daß man sich kaum auf den Sitzen festhalten konnte. Man brachte der Kurbel gegenüber Ausgleichsgewichte an. Das scheint die erste Anwendung von Gegengewichten bei Dampfmaschinen gewesen zu sein. Heaton wandte dann seine Erfindung bei allen Arten von sich drehenden Maschinen an; er verstand es auch, Ventilatoren und andere schnelllaufende Maschinen zu ruhigem Gange zu bringen.

1838 zeigte Heaton an dem Modell einer Lokomotive dem leitenden Ingenieur der London-Birmingham-Eisenbahn die großen Vorteile dieses Massenausgleiches. Bisher hatte Heaton nur die mitumlaufenden Gewichte ausgeglichen, er begnügte sich damit noch nicht und suchte auch die hin- und hergehenden Teile der Maschine auszugleichen. Die Versuche, die er hierüber machte, führten zu einem Patent vom 9. November 1847, nach dem an einer gegen die Arbeitskurbel um 180° versetzten Kurbel eine zweite Schubstange angriff, die zwischen Gleitbahnen eine Rolle von dem gleichen Gewicht, das Kolben und Kolbenstange der Maschine besaßen, hin- und herschob. Es war also hier der gleiche Massenausgleich erreicht, wie er

bei Maschinen mit zwei Zylindern und um 180° versetzten Kurbeln erreicht werden konnte.¹⁾

1837 wurden Gegengewichte von Richard Roberts und ebenfalls von Braithwaite angewendet. In Amerika wurden sie 1837 von Thomas Roger und G. S. Griggs ausgeführt.

Aber noch 1840 und später galten sie, wenn man auch die Notwendigkeit solcher Gegengewichte anerkannte, immer noch als „Auswüchse“, die nur selten in die Zeichnungen eingetragen wurden. Zuerst wurden natürlich auch hier nur die sich umdrehenden Gewichte ausgeglichen. Erst später sah man ein, daß man auch die hin- und hergehenden Gewichte durch Drehgewichte wenigstens teilweise ausgleichen mußte.²⁾

Es lag auch nahe, Maschinen mit je zwei, also im ganzen mit vier Zylindern anzuwenden, um einen vollkommenen Massenausgleich, bei zugleich sehr vermehrter Kraftleistung, zu erhalten. Solche Vier-Zylindermaschinen, aus der Absicht besten Massenausgleiches entstanden, wurden zuerst von Bodmer entworfen, der 1841 schon sich Lokomotiven mit Massenausgleich schützen ließ, den er durch seine Maschine mit zwei gegenläufigen Kolben in einem Zylinder zu erreichen suchte.

Zwei derartige Bodmersche Lokomotiven wurden 1844 und 1846 auch für die South Eastern Railway ausgeführt. Bei den Abnahmeversuchen überraschten sie durch kurze Anfahrzeit und ungewöhnlich ruhigen Gang.³⁾

Auf die Bodmersche Konstruktion griff Haswell wieder zurück, dessen für die österreichische Staatsbahn erbaute Lokomotive „Duplex“ auf der Londoner Ausstellung 1862 große Beachtung fand. Sie hatte vier außenliegende Zylinder; je zwei lagen übereinander in derselben Ebene, mit ihren Achsen ein wenig zueinander geneigt. Die Kolben waren gegenläufig; ein einziger Schieber bediente beide Zylinder. Man erreichte bei sehr gleichmäßigem Gange mit dieser Maschine schon 70 Meilen (112 km) in der Stunde.

Bis zu den 50er Jahren hatte man für die verschiedenartigen Betriebsverhältnisse eigenartige brauchbare Formen geschaffen. Die weitere Entwicklung bis zu den 60er und 70er Jahren richtete sich auf möglichst zuverlässige Ausbildung der Einzelheiten, um die bedeutenden Unterhaltungskosten der Lokomotive zu vermindern. Man ging daran, Normen zu schaffen und suchte von neuem, die teure Koksfeuerung durch Steinkohlen zu ersetzen.

¹⁾ Über Heatons Ausgleichsvorrichtungen s. Engineer 1880, Bd. I, S. 77.

²⁾ s. Colburn, Locomotive Engineering 1871, S. 51.

³⁾ s. Proc. Inst. Civil Engineers 1869/69, Memoir of Bodmer.

4. Die Entwicklung der Steuerung.

a) Die innere Steuerung.

Zur Dampfverteilung hatte Trevithick anfangs Hähne verwendet. Die weitere Entwicklung der Lokomotivmaschine aber führte zum Schieber, als dem fast ausschließlich angewendeten Verteilungsorgan. Meistens nahm man gewöhnliche Muschelschieber.

Die Schieber lagen anfangs stets auf den schräg oder wagerecht angeordneten Zylindern. Pauwels in Lille legte 1840 zuerst die Schieberflächen senkrecht, wodurch die äußere Steuerung sich wesentlich vereinfachen ließ. Von da an wurde diese Schieberlage bevorzugt. Die Schieber lagen jetzt bei den innenliegenden Zylindern entweder innen zwischen den Zylindern oder außerhalb des Rahmens; auch die umgekehrte Anordnung mit außenliegenden Zylindern und innenliegenden Schiebern kam vor. Auch Schieber, die bei innenliegenden Zylindern schräg unterhalb des Zylinders sich befanden, so daß die Schieber beider Zylinder gleichsam einen Keil bildeten, wurden ausgeführt. Bei außenliegenden Zylindern mit außenliegender Steuerung lagen die Schieber wagerecht oder schräg über den Zylindern.

Die mangelhafte Kenntnis der Eigenschaften der Schieber hatte anfangs viele Fehler veranlaßt. Es dauerte lange, ehe man sich über Voreilen, und über den Einfluß der Schieberüberdeckung klar wurde. Die ersten Schieber hatten weder Überdeckung noch Voreilen. Höchstens waren die Deckflächen ein wenig breiter als die Kanäle, um ein besseres Abdichten zu erhalten.

Auch Tredgold weiß 1828 in der ersten Ausgabe seiner Dampfmaschine noch nichts von der Möglichkeit, durch Schieber-Überdeckung geringere Füllung geben zu können. Er beschreibt nur Vorrichtungen, durch die man dem Schieber bei jedem Kolbenhub zwei Bewegungen geben und so beide Dampfwege während eines bestimmten Zeitraumes geschlossen halten konnte. Die Tredgoldschen Vorschläge führten Ross und Winans 1837 bei amerikanischen Lokomotiven aus. In Amerika wurden auch schon 1829 Schieber mit Überlappung angewendet mit der ausgesprochenen Absicht, dadurch geringere Füllung zu erreichen. Da es aber schwierig war, schwere Züge bei starken Schieberüberdeckungen schnell zum Stehen zu bringen, konnten sich anfangs diese Schieberkonstruktionen wenig verbreiten. Erst von England aus, wo seit 1840 Schieber mit Überdeckungen allgemein ausgeführt wurden, kamen sie von neuem auch in Amerika in Aufnahme.

Die ersten Maschinen der Liverpool-Manchester-Bahn hatten äußere Überdeckungen von $\frac{1}{16}$ bis $\frac{1}{8}$ Zoll (1.6 bis 3,2 mm), bloß, um zu vermeiden, daß etwa zu beiden Enden des Zylinders Dampf eintreten konnte. Erst die Untersuchungen von Pambour brachten Klarheit.

Aber noch 1844 hielt der erste Ingenieur der Liverpool-Manchester-Bahn einen hochwissenschaftlichen Vortrag, worin er den ganzen Vorteil

der Schieberüberdeckung nicht in der Möglichkeit, zu expandieren, sondern in dem früheren Austritt des Dampfes sah.

In Frankreich scheint man früher die Vorteile der Schieberüberdeckung erkannt zu haben; es finden sich dort in Patenten von 1827 schon vollkommen unseren heutigen Ausführungen entsprechende Schieber angegeben. Auch Oliver Evans soll bereits Schieberüberdeckung angewendet haben.¹⁾

Genauer aber lernte man den Schieber und die durch ihn bewirkte Dampfverteilung erst mit Hilfe des Indikators kennen. Erst jetzt ließ sich der Einfluß einzelner Schieberveränderungen auf die Dampfverteilung einwandfrei beobachten. Die langen, vorher üblichen gelehrten theoretischen Betrachtungen, die, ohne genaue Kenntnis der Tatsachen aufgestellt, meistens mehr verwirrten als klärten, wurden entbehrlich.

In Frankreich war es besonders Clapeyron²⁾, der den Einfluß des Voreilens und der Schieberüberdeckung und die Möglichkeit, mit einem Schieber beträchtliche Expansion zu erreichen, nachwies und durch ausgedehnte praktische Anwendung den großen Vorteil zeigte.

Neben den gewöhnlichen Muschelschiebern kamen nur ausnahmsweise auch andere Dampfverteilungsorgane vor. So wandte Roberts in England bereits 1832 Kolbenschieber an. Ein in besonderem Schieberkasten vor dem Grundschieber eingebauter zweiter Kolbenschieber diente als Expansionschieber.³⁾ Aber die Konstruktion blieb vereinzelt und verschwand bald wieder. Der Muschelschieber blieb das einzige Dampfverteilungsorgan sämtlicher Lokomotiven.

b) Die äußere Steuerung.

Steuerung mit losem Exzenter.

Die ersten Lokomotiven hatten stets die zuerst bei Schiffsmaschinen und Fördermaschinen angewendeten Steuerungen mit losem Exzenter. Fig. 747 zeigt die Steuerung der von Stephenson 1825 erbauten Lokomotiven. Auf der Treibachse sitzt neben dem losen Exzenter ein fester Arm als Mitnehmer. Der Exzenterkörper hat einen kreisförmigen Schlitz, in dem ein Zapfen des Hebels eingreift. Je nachdem dieser Bolzen sich gegen die eine oder andere Endstelle der Kreisnut legt, arbeitet die Steuerung auf Vorwärts- oder Rückwärtsgang. Der Winkelhebel, mit dem die Exzenter-

¹⁾ s. Colburn, Locomotive Engineering, London 1871, S. 49.

²⁾ Bénéoit Paul Emile Clapeyron, geboren 1799 in Paris, gestorben 1864, erbaute die Bahn von Paris nach St. Germain. Für Steigungen, die damals Stephenson noch nicht glaubte mit Lokomotiven befahren zu können, konstruierte er Lokomotiven, die 1836 von Sharp & Roberts ausgeführt wurden. An einer großen Anzahl anderer französischer Eisenbahnen arbeitete er ebenfalls mit größtem Erfolge. Von ihm rühren auch die ersten großen eisernen Eisenbahnbrücken her (s. Röll, Encycl. d. Eisenbahnwesens, S. 817.).

³⁾ s. Colburn, S. 40 mit Abbildung.

bewegung auf den Schieber übertragen wird, hat etwas toten Gang auf der Exzenterstange. Der Schieber wird somit ruckweise sich bewegen.¹⁾

Meistens wurde die Steuerung so ausgeführt, daß man beide Exzenter für beide Zylinder aus einem Stück anfertigte, welches durch Tret- oder

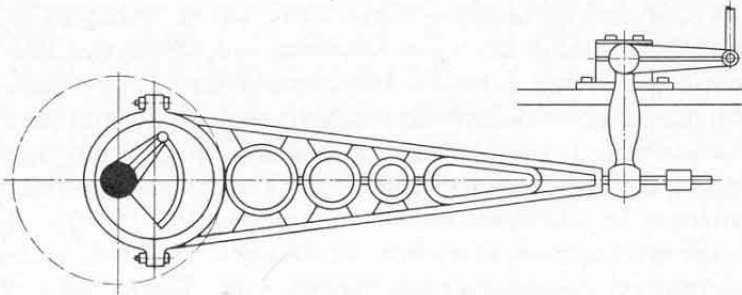


Fig. 747. Umsteuerung mit lose Exzenter von Stephenson 1825.

(Nach Wood, Rail Roads, 3. Edit.)

Handhebel bei der Umsteuerung seitlich auf der Achse verschiebbar mit einem der zu beiden Seiten angebrachten Mitnehmer verbunden werden konnte, Fig. 748 und 749 Die Exzenterstange selbst wurde, um ein geringes Verschieben ihres Endes zu gestatten, gelenkartig mit dem Exzenter-

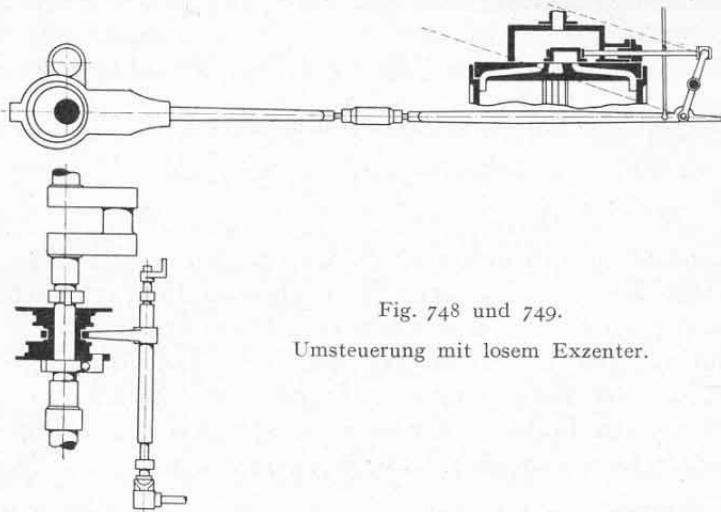


Fig. 748 und 749.

Umsteuerung mit lose Exzenter.

bügel verbunden. An der Exzenterstange waren Belastungsgewichte, anfangs oft große Steine, aufgehängt, um bei den unvermeidlichen Stößen während der Fahrt ein Ausklinken der Stange zu verhüten.

Eine gleiche Steuerung in ganz ähnlicher Ausführung hatte der von Stephenson erbaute „Adler“, der als erste Lokomotive Deutschlands auf

¹⁾ s. Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, Braunschweig 1868, Bd. III, S. 257.

der Nürnberg-Fürther Eisenbahn 1835 den Betrieb eröffnete. Der Exzenterkörper hatte zwei schmiedeeiserne Endplatten mit entsprechender Öffnung, in die an der Welle stellringartig befestigte Mitnehmer eingriffen.¹⁾

Wie umständlich und schwierig die Bedienung dieser ersten Steuerung war, kann man ermessen, wenn man die alten Anweisungen an die „Konstrukteure“ liest. Da wird zuerst ausgeführt, wie der Maschinist, wenn er die Maschine in Gang bringen wolle, zuerst die Steuerung aushängen müsse. Dazu bedient er sich eines kleinen Hebels, der linker Hand zu seinen Füßen angebracht ist; sobald er darauf tritt, „wird die darauf artikulierte Stange zurückgezogen und mit Hilfe von Zwischenhebeln und Rollen die Exzenterstange ausgeklinkt.“ Zwei in Brusthöhe befindliche Hebel dienen jetzt zur Bewegung der Schieber von Hand. Er hat zuerst nur etwas die Schieber zu öffnen, die Zylinder durchzublasen und anzuwärmen. Jetzt gibt er der gewünschten Bewegung entsprechend vor oder hinter dem Kolben Dampf; vorher muß er sich mit einem Blick auf den Kurbelzapfen überzeugen, „welcher Kolben zum Anfangen am günstigsten steht.“ Sobald die Lokomotive in Gang gekommen ist und sie die eine Bewegung, die sie angenommen hat, für die nächste Zeit beibehalten soll, so sind mit Hilfe des Fußhebels die Exzenterstangen wieder einzuklinken.

Die Gabelsteuerungen.

Die Steuerungen mit losem Exzenter wurden bis in die 30er Jahre allgemein benutzt. Einen wesentlichen Fortschritt bedeutete der Übergang zu festen Exzentern mit gegabelten Exzenterstangenenden. Diese Gabelsteuerungen haben die verschiedenartigsten und mannigfachsten Ausbildungen erfahren. Einige der wichtigsten seien aufgeführt.²⁾

Zu den einfachsten und ältesten Gabelsteuerungen gehört die von Carmichael in Dundee bereits 1818 auf kleinen Fährbooten benutzte Steuerung. Bei Lokomotiven wurde sie mit zuerst von Forrester 1834 bei den Maschinen mit außenliegenden Zylindern ausgeführt, Fig. 750.

Jede Maschinenseite hat nur ein festes Exzenter, von dem aber zwei an ihren Enden gegabelte Exzenterstangen ausgehen. Je nach Stellung des von links aus bewegten Umsteuerhebels wird der Zapfen

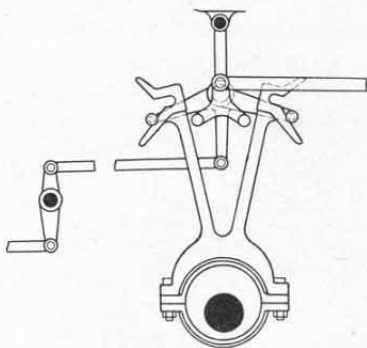


Fig. 750.

Gabelsteuerung von Forrester 1834.

(Nach Heusinger, Lokomotiv-Maschine, Wiesbaden 1858.)

¹⁾ s. Rebenstein, Stephenson-Lokomotive auf der ersten Ludwig-Eisenbahn, Nürnberg 1835.

²⁾ Besonders ausführlich behandelt die Entwicklung der Steuerungen Heusinger, Lokomotiv-Maschine, Wiesbaden 1858, Colburn, Locomotive Engineering, London 1871.

des Winkelhebels, mit dem die nach rechts gerichtete Schieberstange verbunden ist, von der einen oder anderen Exzenterstangengabel umfaßt.

1835 wandte Cavé die gleiche Steuerung an, Fig. 751. Auch hier hat eine Exzenterstange zwei Gabeln und ein Winkelhebel ist zwischengeschaltet.

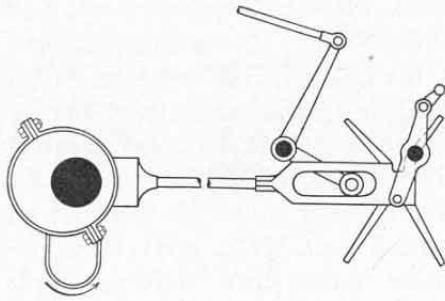


Fig. 751. Gabelsteuerung von Cavé 1835.
(Nach Colburn, Locomotive Engineering, London 1871.)

Auch bei dieser Steuerung ließ sich leicht durch Voreilen und Schieberüberdeckung feste Expansion erreichen; es mußte hierzu nur die Exzenterstange kurz gehalten und der Schwinghebel, an dessen Enden die Stangen eingeklinkt wurden, entsprechend verlängert werden.¹⁾ Die Gabeln wurden entsprechend erweitert, um bei jeder Stellung des Schiebers die Endzapfen des Steuerhebels gut eingreifen zu lassen.

Der Vorteil der Gabelsteuerung gegenüber der Steuerung mit losem Exzenter lag vor allem in der kleineren Zahl beweglicher Teile. Eine Handhabe reichte aus, um die Lokomotive in und außer Bewegung zu setzen.

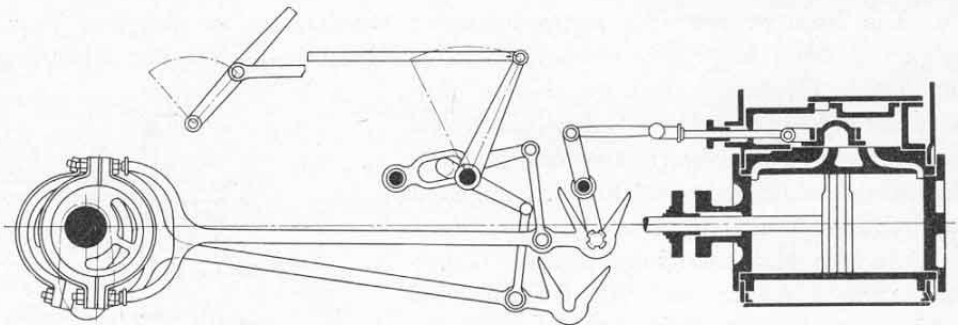


Fig. 752. Gabelsteuerung von Hawthorn 1837.
(Nach Heusinger, Lokomotiv-Maschine, Wiesbaden 1858.)

Noch weiter verbreitete sich die Steuerung mit vier festen Exzentern, je zwei für eine Maschinenseite, eins für Vorwärtsgang, das andere für Rückwärtsgang. Zuerst soll 1829 William T. James in New York diese Steuerung bei einem Dampfautomobil verwendet haben.²⁾ Später wurde die Steuerung mit 4 Exzentern, 1833 von Long und 1834 auch von Norris, in Amerika angewendet.

¹⁾ Ausführlich über die Verhältnisse dieser Steuerung Colburn, Locomotive Engineering, London 1871, S. 58.

²⁾ s. Colburn, S. 43.

In Europa führte 1837 R. W. Hawthorn in Newcastle vier feste Exzenter bei Lokomotiven ein. Die erste Ausführung entsprach der Fig. 752. Die Exzenterstangen endigen in zwei nach oben gerichteten Gabeln, von denen bald die eine, bald die andere je nach der Stellung des Steuerhebels am Maschinistenstande in den Schieberhebel eingeklinkt wird.

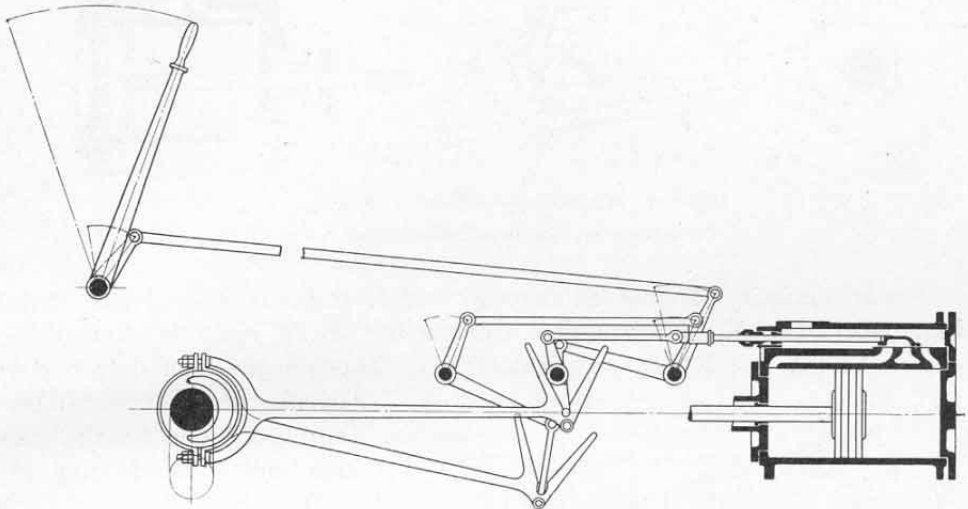


Fig. 753. Gabelsteuerung von Stephenson 1836.

(Nach Tredgold, Steam Engine, London 1838.)

Die gleiche Steuerung, nur etwas verändert, wandte Stephenson 1836 an und benutzte sie von da bis 1841 fast ausschließlich bei seinen Lokomotiven, Fig. 753. Auch die auf S. 798 besprochene Stephensonsche Lokomotive, die 1836 erbaut wurde, Fig. 732, zeigte diese Steuerung.

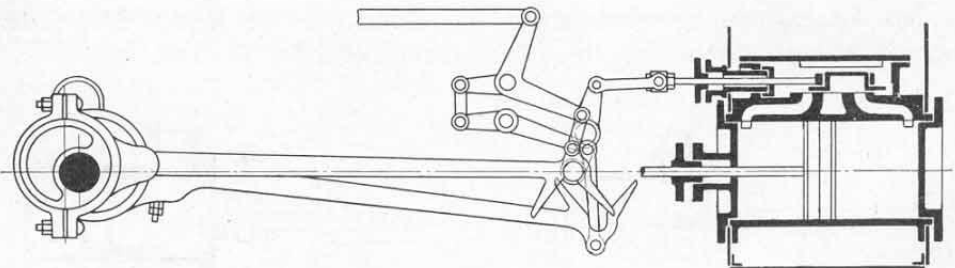


Fig. 754. Gabelsteuerung von Sharp und Roberts 1838.

(Nach Heusinger, Lokomotiv-Maschine, Wiesbaden 1858.)

Sharp und Roberts vereinfachten die Steuerung etwas und wandten zwei mit ihren Öffnungen einander zugekehrte Gabeln an. Fig. 754 zeigt die Ausführung, die diese Firma bei ihren Lokomotiven von 1838 bis 1842 fast ausschließlich benutzte. Noch weiter vereinfachte Clapeyron die

Gabelsteuerung, indem er die zur Bewegung der Exzenterstange nötige Drehachse mit der Achse des Schieberhebels zusammenfallen ließ, Fig. 755.

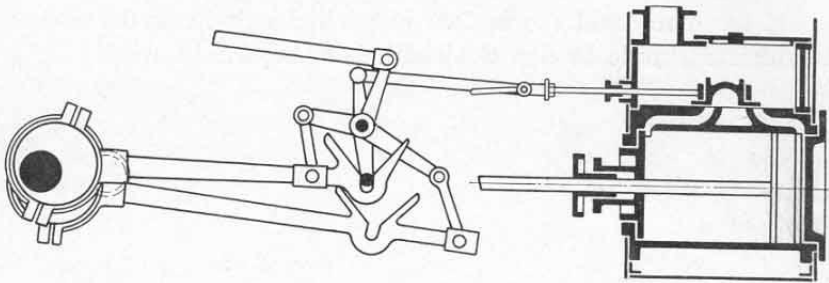


Fig. 755. Gabelsteuerung von Clapeyron 1839.
(Nach Heusinger, Lokomotiv-Maschine, Wiesbaden 1858.)

Sehr einfach war die Steuerung von Norris aus dem Jahre 1839, Fig. 756. Die Exzenterstangen werden mit Hilfe eines Winkelhebels, dessen Enden mit Rollen ausgerüstet sind, abgehoben. Von dem oberen Gelenk des Schieberhebels führt noch eine Stange zum Maschinenstande und gestattet mit Handhebeln die Maschine umzusteuern.

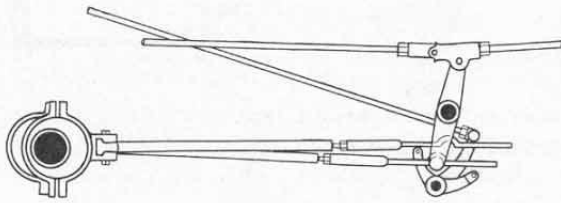


Fig. 756. Gabelsteuerung von Norris 1839.
(Nach Heusinger, Lokomotiv-Maschine, Wiesbaden 1858.)

Pauwels, der, wie schon vorher bemerkt, 1840 die Schieber Spiegel zuerst senkrecht anordnete, erreichte dadurch eine weitere wesentliche Vereinfachung der Gabelsteuerung, Fig. 757. Hier sind die Zapfen, in die je nach Vorwärts- oder Rückwärtsgang der Maschine die eine oder andere Exzenterstange einzuklinken ist, unmittelbar zu beiden Seiten der Schieberstange angebracht, die Übertragungshebel fallen somit weg.

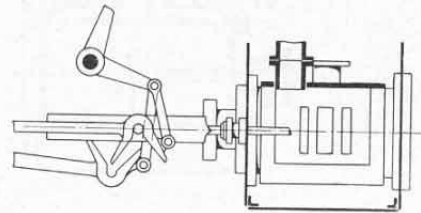


Fig. 757.
Gabelsteuerung von Pauwels 1840.

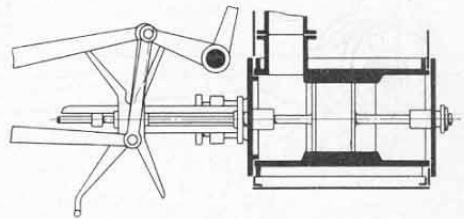


Fig. 758.
Gabelsteuerung von R. Stephenson 1841.

(Nach Heusinger, Lokomotiv-Maschine, Wiesbaden 1858.)

Statt der Zapfen brachte Stephenson 1841 die Gabeln an der Schieberstange an, in die er nun die Zapfen der Exzenterstangenenden einklinkte, Fig. 758.

Gleichzeitig mit diesen Steuerungen treten auch bereits Steuerungen auf, die als Vorläufer der Kulissensteuerungen besondere Beachtung verdienen. Hierhin gehört vor allem die Expansionssteuerung von Gray und William in England aus dem Jahre 1839 und 1840 und die von Cabry in Belgien aus dem Jahre 1841.

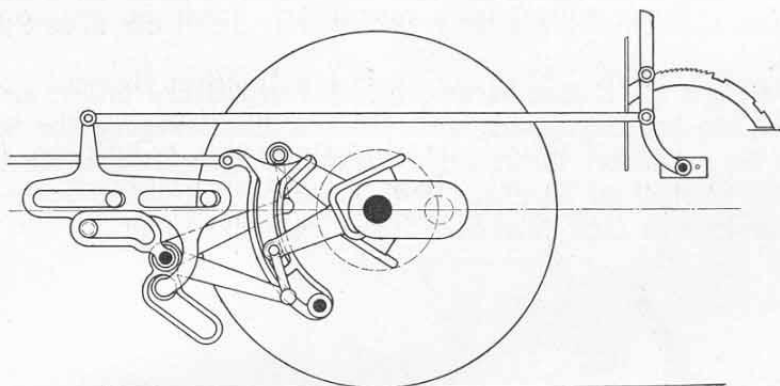


Fig. 759. Steuerung von Gray 1838.
(Nach Heusinger, Lokomotiv-Maschine, Wiesbaden 1858.)

John Gray war der erste, der 1839 (Patent vom 26. Juli 1838, Nr. 7745) bei einer Lokomotive auf der Liverpool-Manchester-Bahn veränderliche Füllungen anwandte. Diese Expansionssteuerung zeigt Fig. 759. Die kurze Exzenterstange trägt an ihren Enden einen Zapfen, der sich längs einer bogenförmigen Vertiefung eines Schwinghebels bewegen kann; an den oberen Enden dieses Hebels greift die Schieberstange an. Die Rückseite des Schwinghebels trägt eine entsprechende Vertiefung für das Exzenterstangenende des Rückwärtsexzenters. Vom Maschinistenstande aus kann durch Verschieben des zweifach geschlitzten Rahmens, der links vom Schwinghebel angebracht ist, die Exzenterstange in der Kulisse verschoben, auch so weit nach oben gehoben werden, daß sie ganz außer Eingriff kommt.¹⁾

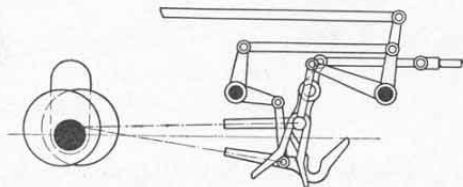


Fig. 760. Gabelsteuerung von Cabry 1841.
(Nach Heusinger, Lokomotiv-Maschine, Wiesbaden 1858.)

Bemerkenswert ist auch die Steuerung von Cabry 1841, Fig. 756, der die Gabelsteuerung für veränderliche Expansion brauchbar machen wollte, indem er die Gabel des Vorwärtsexzenters so lang ausführte, daß auch Zwischenstellungen möglich waren. Die Steuerung ist also der unmittelbare Vorläufer der Kulissensteuerung.

¹⁾ s. Heusinger, S. 29, und Engineer 1880, Bd. I, S. 41 und Colburn, Locomotive Engineering, London 1871, S. 63.

Die Kulissensteuerung.

Man war somit auf verschiedenen Wegen schon nahe an die Kulissensteuerung, die für die Entwicklung der Lokomotive geradezu als epochemachendes Ereignis anzusehen ist, herangekommen. Einfache Umsteuerung war mit der Möglichkeit, auch mit einem Schieber die Füllung der verlangten Leistung entsprechend einzustellen, durch die neue Steuerung gegeben.

So einfach die Kulissensteuerung in konstruktiver Hinsicht sich zeigt, so verwickelt ist das Gesetz, nach welchem die Bewegung des Schiebers erfolgt. Es hat langer theoretischer Untersuchungen bedurft, um hierüber die nötige Klarheit zu schaffen. Heute gehören die Kulissensteuerungen zu den verbreitetsten Dampfmaschinensteuerungen überhaupt.

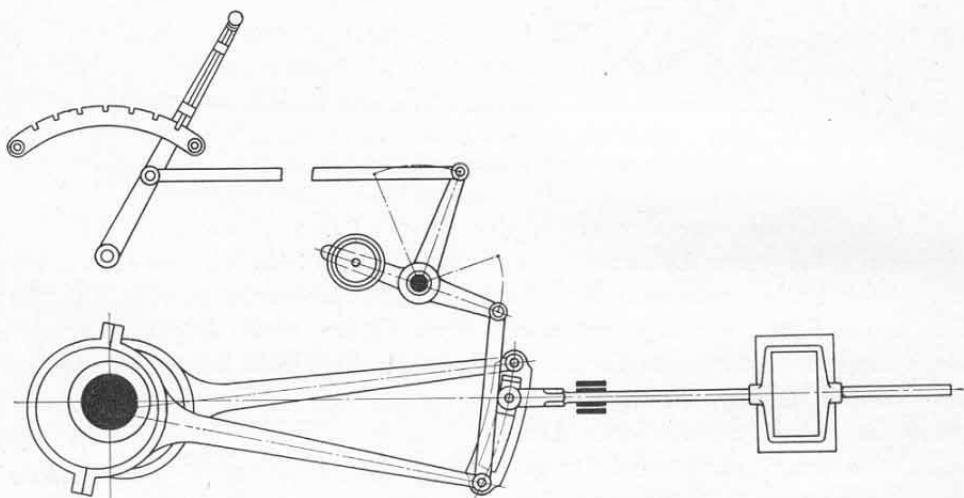


Fig. 761. Kulissensteuerung von Williams-Howe 1842.

Die Kulissensteuerung ist nicht in logischer Voraussicht ihrer Eigenschaft als bedeutsame Erfindung, sondern anfangs nur als eine konstruktive Verbesserung und Vereinfachung anderer Steuerungen angesehen worden. Sie entstand in den Werkstätten Stephenson's zu Newcastle, der ersten und damals noch größten Lokomotivfabrik. Ein junger Ingenieur, Williams, legte 1842 seinem Vorgesetzten die Skizze zu einer wesentlich einfacheren Steuerung, als man bisher kannte, vor. Die beiden kurzen Exzenterstangen waren durch einen Schleifbogen, in dem sich das Ende der Schieberschubstange verschieben konnte, miteinander verbunden. Gleichzeitig gab Williams auch die Veränderung an, die diese praktisch noch wenig brauchbare erste Idee zu der heute als Stephenson'sche Kulissee bezeichneten Steuerung entwickelte. Whyte, der Leiter des Konstruktionsbureaus, veranlaßte Williams, durch Howe, dem Werkstättenvorsteher, ein Modell dieser Steuerung an-

fertigen zu lassen. Howe will nur die erste Skizze der Williams-Steuerung gekannt haben und gab sich deshalb als eigentlichen Erfinder der nach Stephenson benannten Steuerung an. Whyte, der diese Kulissensteuerung zuerst konstruktiv durchgearbeitet hat, widerspricht dem Howeschen Ansprüche. Er hebt auch besonders hervor, daß man von Anfang an sich auch der Bedeutung der Kulissensteuerung als Expansionssteuerung voll bewußt gewesen sei.¹⁾

Trotzdem versuchte man die Kulissensteuerung nicht einmal durch Patente sich zu schützen, obwohl Stephenson sowohl wie Howe in allen anderen Fällen sehr schnell bei der Hand waren, sich die Früchte ihrer Arbeit gesetzlich schützen zu lassen.

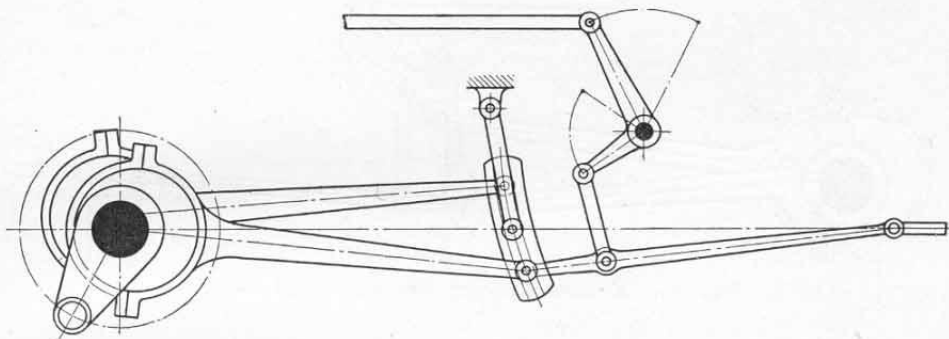


Fig. 762. Kulissensteuerung von Gooch 1843.

Die Stephensonsche Kulissensteuerung, Fig. 761, fand im englischen Lokomotivbau sehr schnell allgemeine Verwendung. Sie verdrängte dort fast alle anderen Steuerungsarten. Auf dem Kontinent und in Amerika dauerte es länger, ehe auch hier diese einfachste Form der Steuerung die mannigfachen, oft sehr verwickelten Expansionssteuerungen ersetzte.²⁾

So wurde zwar 1849 die Kulissensteuerung in Amerika von den maßgebenden Ingenieuren bereits angewendet, aber erst von der Mitte der 50er Jahre an verbreitete sie sich allgemein. Nicht viel früher führte sich die Kulissee in Frankreich und Deutschland allgemein ein.³⁾

Der konstruktiven Anordnung nach unterscheidet man Stangen- und Spurkulissee. Die Stangenkulissee, die konstruktiv der Spurkulissee wesentlich überlegen ist, wurde schon 1832 von Roberts vorgeschlagen. Nur durch

¹⁾ s. Campbell, Who really invented the link Motion? American Machinist 1904, S. 178. Hier wird auch auf die Erfindungsdarstellung in der bisherigen Literatur eingegangen.

²⁾ Ausführlich behandelt die Kulissensteuerungen u. a. Zeuner, Die Schiebersteuerungen, und Leist, Die Steuerungen der Dampfmaschine, Berlin 1900.

³⁾ s. Colburn, Locomotive Engineering 1871, S. 64 u. 67.

die Macht der Gewohnheit ist es zu erklären, daß heute noch in vielen Fällen die Spurkulissee der Stangenkulissee vorgezogen wird.¹⁾

Eine andere Art der Kulissensteuerung wandte Gooch 1843 für die Lokomotiven der Great Western-Eisenbahn an. Hier war die Kulisse aufgehängt und eine zwischen Schieberstange und Kulisse eingeschaltete Schubstange wurde mit ihren Enden in der Kulisse verschoben. Die Goochsche Kulisse, Fig. 762, baute sich länger, brauchte aber geringere Höhe und hatte den früher oft sehr stark überschätzten Vorteil eines konstanten linearen Voreilens. Der Kulissenbogen ist bei der Kulisse von Gooch entgegengesetzt gekrümmt als bei der Stephenson's.

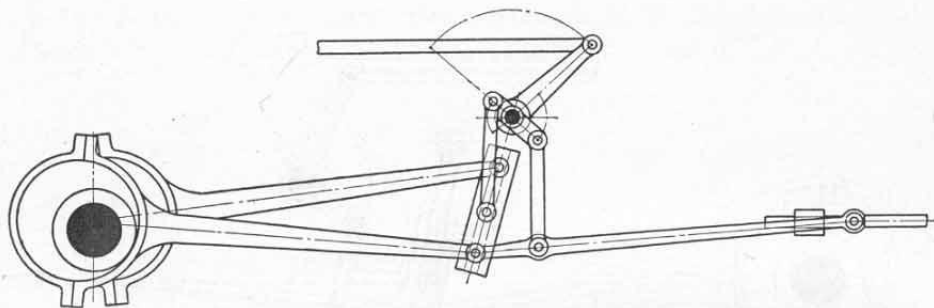


Fig. 763. Kulissensteuerung von Allan-Trick 1855.

Vereinigt man beide Steuerungsbewegungen, bewegt man also die Kulisse sowohl als das Schieberstangenende, so kann man bei entsprechender Wahl der Hebelverhältnisse eine gerade Kulisse erhalten, was früher mit Rücksicht auf die schwierige Bearbeitung der Bogenkulisse als besonderer Vorteil angesehen wurde. Die Steuerung mit gerader Kulisse ließ sich Alexander Allan am 2. August 1855 in England patentieren (Nr. 1747). In Deutschland erfand Trick unabhängig von Allan die gleiche Kulissensteuerung, Fig. 763.

Noch vor der Steuerung mit gerader Kulisse, nur wenige Jahre nach der Stephenson'schen Steuerung, entstand die heute in Deutschland mit dem Namen Heusinger von Waldegg, im Auslande mit dem Namen des belgischen Ingenieurs Walschaerts bezeichnete Kulissensteuerung. Sie ist in neuester Zeit sehr viel in den verschiedensten Ländern ausgeführt worden und gehört jetzt zu den am meisten verbreiteten Lokomotivsteuerungen. Sie wurde zuerst von Egide Walschaerts²⁾ in Belgien 1844 erfunden und durch belgisches Patent vom 5. Oktober 1844 geschützt.

¹⁾ s. Colburn, S. 64.

²⁾ Egide Walschaerts wurde am 21. Januar 1820 zu Malines in Belgien geboren und starb am 18. Februar 1901 in Saint-Gilles bei Brüssel. 1842 wurde er Werkmeister in den belgischen Staatseisenbahnwerkstätten und erfand hier die nach ihm benannte Steuerung. Da er nach den Bestimmungen der Verwaltung als Werk-

Fig. 764 läßt die Anordnung der Steuerung nach der belgischen Patentzeichnung erkennen. Die Schieberbewegung wird vom Kreuzkopf und einem Exzenter abgeleitet. Das T-förmig ausgebildete Ende der Exzenterstange trägt zwei Zapfen, die in einer um einen festen Zapfen drehbaren, in der Mitte besonders erweiterten Kulisse durch den Umsteuerhebel verschoben werden können. Bei Fahrt nach der einen Richtung wird der untere Zapfen in das untere Kulissenende, bei Fahrt nach der anderen Richtung der obere Zapfen in das obere Kulissenende geschoben. Die Ausbauchung der Kulisse in der Mitte ist notwendig, um dem nicht im Eingriff befindlichen Zapfen

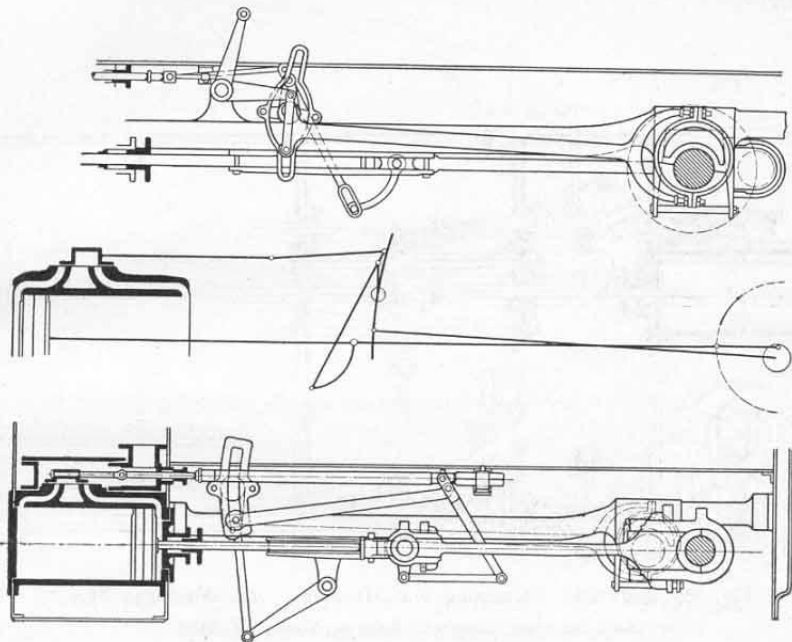


Fig. 764 bis 766. Steuerung von E. Walschaerts 1844 und 1848.

den nötigen Spielraum zu lassen. Der Schwingungswinkel der Kulisse ist je nach Stellung des Zapfens in der Kulisse veränderlich. Diese Kulissenbewegung wird durch den einen Arm des Übertragungshebels, der wie Fig. 765 erkennen läßt, vom Kreuzkopf aus ebenfalls bewegt wird, auf den Schieber übertragen.

meister nicht selbst das Patent nehmen durfte, nahm Fischer, ein Ingenieur, der Eisenbahnwerkstätten für Walschaerts das Patent, das ihm am 30. November 1844 für eine Zeit von 15 Jahren erteilt wurde. Am 25. Oktober desselben Jahres erhielt Walschaerts auch ein französisches Patent auf seine Steuerung. Aus den von ihm hinterlassenen Schriften ergibt sich ferner, daß er auch 1845 über Ausführung seiner Steuerung in Preußen verhandelte; s. ausführlich J. Boulvin, *History of the Walschaerts Valve Motion*, *The Railway Gazette*, 8. Dez. 1905. Ferner *Z. d. V. d. Ing.* 1905, S. 1916 u. 2088, woselbst auch weitere Quellen über die Walschaerts-Heusinger-Steuerung angegeben werden.

Im Prinzip gleicht bereits dieser erste Steuerungsentwurf der heute allgemein verwendeten Kulissensteuerung. Konstruktiv hat sie noch manche Änderungen erfahren.

Fig. 766 zeigt diese Steuerung, wie sie von Walschaerts am 2. September 1848 bei Lokomotiven bereits ausgeführt wurde. Sie hat hier schon wesentlich mehr Ähnlichkeit mit der heute noch gebräuchlichen Form der Steuerung.

Eine ganz ähnliche Steuerung hat Heusinger von Waldegg, der bekannte deutsche Eisenbahningenieur 1849 unabhängig von Walschaerts erfunden und im Winter 1851 bei einer kleinen Tenderlokomotive einmal ausgeführt.¹⁾

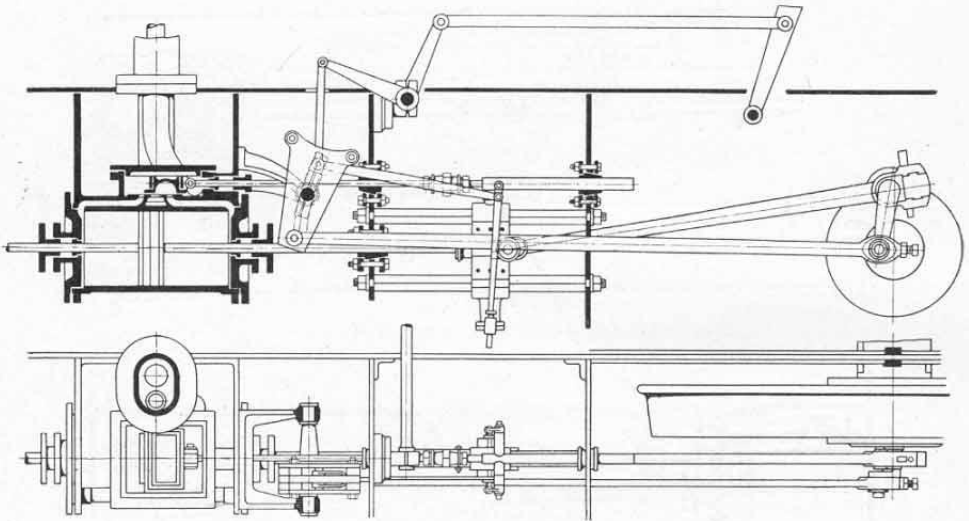


Fig. 767 und 768. Steuerung von Heusinger von Waldegg 1850.

(Nach Heusinger, Lokomotiv-Maschine, Wiesbaden 1858.)

Fig. 767 zeigt die Steuerung, die sich nur durch einige unwesentliche Einzelheiten von der Walschaerts-Steuerung unterscheidet. So läßt Heusinger die den Kreuzkopf mit der Schieberstange verbindende Stange in einer am Kreuzkopf drehbar angeordneten Hülse sich verschieben, während Walschaerts ein Gelenk anordnete und dadurch die gleitende Reibung in der Hülse vermied. Ferner ist statt des Exzenters eine Gegenkurbel verwendet, von der aus eine Stange zu der in der Nähe des Zylinders drehbar gelagerten Kulisse führt.

Die Walschaerts-Heusinger-Steuerung gibt bei jedem Füllungsgrad gleiches Voreilen und bietet den besonderen Vorteil, den Heusinger be-

¹⁾ Heusinger von Waldegg war anfangs davon überzeugt, daß Walschaerts die Steuerung erst durch ihn kennen gelernt habe, und daß deshalb ihm allein das Anrecht auf diese Steuerung zukomme. Erst später hat Heusinger den näheren Sachverhalt erfahren.

sonders hervorhob, selbst bei innenliegenden Zylindern die wesentlichen Steuerungsteile mehr nach außen zu verlegen. Bei außenliegenden Zylindern war die Steuerung besonders leicht zugänglich. Die Steuerung ließ sich konstruktiv leicht anbringen, vor allem auch bei Schiebern, die auf den Zylindern angeordnet waren. Fig. 769 läßt die räumliche Anordnung der Walschaerts-Heusinger-Steuerung, wie sie heute meistens üblich ist, deutlich erkennen und zeigt, daß die Wirkungsweise sich gegenüber den ersten Ausführungen nicht geändert hat.

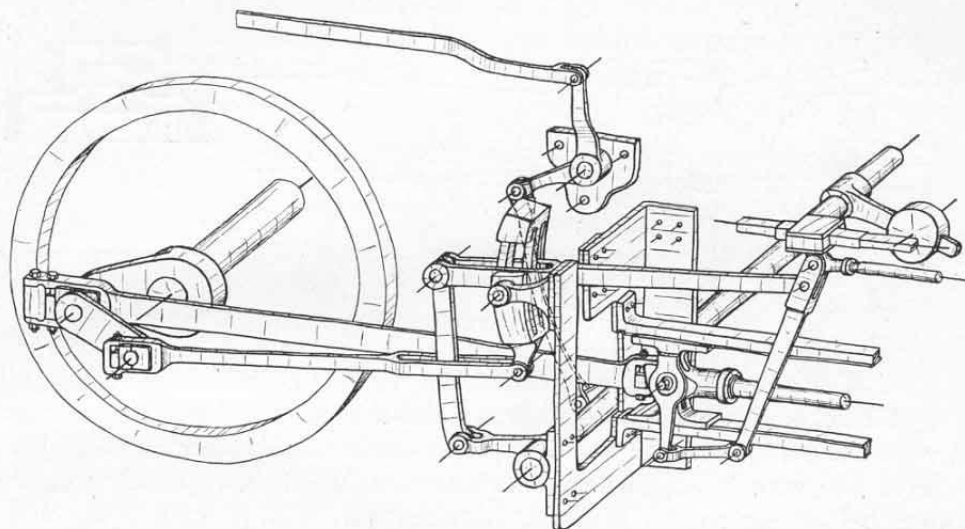


Fig. 769. Walschaerts-Heusinger-Steuerung.

Verschiedene andere Steuerungsarten.

Bei allen diesen Steuerungen ist die Bewegung der Grundschieber entweder ganz oder wie bei Walschaerts doch teilweise durch Exzenter von der Hauptachse abgeleitet. Es kommen aber auch frühzeitig schon Steuerungen vor, bei denen der Schieber von der Schubstange aus unter Benutzung geeigneter Hebelanordnung bewegt wird. Hierhin gehört die John Melling in Liverpool 1837 patentierte Steuerung. Der Schieber wurde von einem in der Mitte der Schubstange angebrachten Zapfen mit Hilfe eines geschlitzten Hebels, in dem sich ein Gleitbacken verschieben konnte, bewegt. Die Steuerung arbeitete ohne Voreilen.¹⁾

Hawthorn verbesserte 1839 die Mellingsche Steuerung und führte sie bei mehreren Lokomotiven aus, Fig. 770. Hier war sowohl bei Vorwärts- als Rückwärtsgang Voreilen erreicht. Ein auf der Mitte der Schubstange angebrachtes Gleitstück bewegt, während es die punktiert gezeichnete ellip-

¹⁾ s. Heusinger, S. 19.

tische Bahn durchläuft, einen Rahmen, der mit zwei senkrecht zum Schlitz stehenden Stangenenden ausgerüstet ist. Das eine Ende ist mit dem Winkelhebel, in dessen Ende die gegabelten Schieberschubstangenenden eingeklinkt werden, verbunden. Das andere Ende steht mit einer vom Führerstande aus bedienten Hebelvorrichtung, mit der beim Umsteuern die Neigung des Rahmens entsprechend verändert wird, in Verbindung.¹⁾

Auch eine Steuerung, die der Maudslayschen Vierradsteuerung (s. Schiffsmaschinen S. 742) ähnlich war, wurde 1839 in England bei einer Lokomotive vorübergehend angewendet.

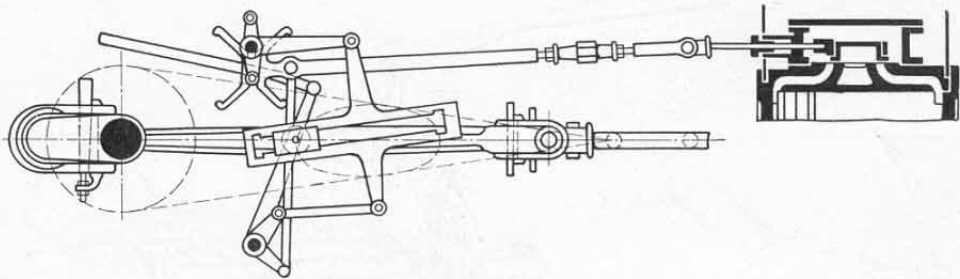


Fig. 770. Hawthorn-Steuerung 1839.

A. M. Eastwick, ein amerikanischer Ingenieur, ließ sich am 21. Juli 1835 für Lokomotiven eine Umsteuerung patentieren, die durch Vertauschen der Kanäle stattfand. Zu dem Zwecke war zwischen Schieber und Schieber Spiegel ein vom Maschinistenstande aus von Hand beweglicher Schieber eingeschaltet, der so mit Kanälen versehen war, daß je nach seiner Stellung Dampf hinter oder vor den Kolben gelangen konnte. Diese Umsteuerung wurde von Ross Winans nach Rußland übertragen, und mehr als 200 Lokomotiven der Petersburg-Moskauer Bahn, die in Alexandrowski bei Petersburg gebaut wurden, wurden mit dieser Umsteuerung ausgerüstet.²⁾

Besondere Expansionssteuerungen.

Auch bei den Lokomotiven begann man, sobald die nötige Betriebssicherheit erreicht war, an Brennstoffersparnis zu denken und hierfür Expansionssteuerungen anzuwenden. Vielfach waren es einfache Übertragungen der schon bei ortsfesten Maschinen benutzten Expansionssteuerungen, die man oft nur notdürftig den ganz anders gearteten Betriebsbedingungen der Lokomotive anpaßte. Besonders in den Jahren von 1840 bis 1846 traten sehr verwickelte Expansionssteuerungen für Lokomotiven an die Öffentlichkeit, um gewöhnlich nach kurzer Zeit wieder zu verschwinden.

In den 30er Jahren (1837) finden sich Steuerungen, bei denen ein und derselbe Schieber entweder von einem Exzenter oder von zwei daneben

¹⁾ s. Heusinger, S. 22, u. Colburn, Locom. Engin., S. 59.

²⁾ s. Colburn, Locom. Engin., S. 52, u. Engineer 1880, Bd. I, S. 199.

angeordneten unrundern Scheiben angetrieben wurde. Es konnten somit neben voller Füllung noch zwei geringere Füllungsgrade erreicht werden. Das war eine der ersten bei Lokomotiven verwendeten Expansionssteuerungen, wie sie z. B. Winans fast 25 Jahre lang bei vielen Lokomotiven verwendet hatte.¹⁾

Auch Roberts hatte mit seinem 1832 patentierten Kolbenschieber frühzeitig Expansionssteuerung bei der Lokomotive ausgeführt. Vor dem Verteilungsschieber war hier in besonderen Schieberkasten der Expansionskolbenschieber angeordnet.

In Amerika wandte David Matthew auf der Utica-Eisenbahn auch bereits 1837 besondere Expansionschieber an.

Isaak Adams ließ sich 17. Mai 1838 in Amerika auch die Anwendung von Expansionschiebern, die auf den Rücken der Grundschieber sich bewegten, patentieren. Er trieb den Expansionschieber durch ein besonderes Exzenter an.

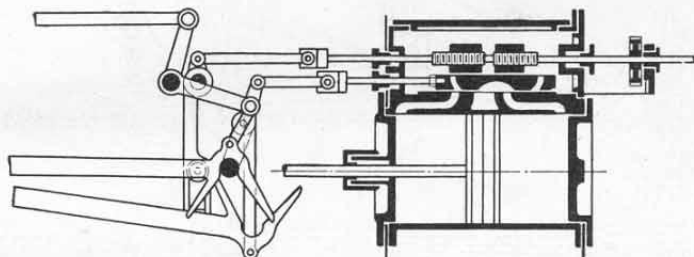


Fig. 771. Meyer-Steuerung 1842.

Horatio Allen in New York wollte den Adamsschen Expansionschieber für veränderliche Füllung geeignet machen und kam hierbei auf die gleiche Lösung wie Bodmer, Wilson und Bourne in England und Meyer in Mülhausen. Er teilte den Expansionschieber in zwei Platten, die man durch Drehen der mit rechten und linken Gewinden versehenen Schieberstange einander nähern und voneinander entfernen konnte. Schon im August 1841, also vor Meyer, dessen französisches Patent 23. April 1842 erteilt wurde, erhielt Allen das Patent auf diese Expansionssteuerung. Der gleiche Konstruktionsgedanke findet sich vor Allen noch in dem J. G. Bodmer 10. Juni 1841 erteilten englischen Patent, Nr. 8981, bereits für Lokomotiven angegeben, und zwar verwendete Bodmer als Expansionschieber Kolbenschieber, deren beide Teile durch Drehen der Schieberstange gegeneinander verschoben werden konnten.²⁾

Sogar Schlepsschiebersteuerungen wurden vorübergehend im französischen Lokomotivbau angewendet, so Edwards-Schieber 1840 und Farcot-Schieber 1836.

¹⁾ s. Colburn, Locomotive Engineering, London 1871, S. 53.

²⁾ s. Heusinger, Lokomotivmaschinen Wiesbaden 1858, S. 30.

Fig. 771 zeigt eine der ersten Ausführungen der Meyer-Steuerung bei Lokomotiven. Der Grundschieber wird hier in der üblichen Weise durch die Gabelsteuerung betätigt. Der Expansionsschieber wird vom Kreuzkopf aus mit einem ungleicharmigen Hebel angetrieben. Mit Zahnrad und Kette kann vom Führerstande aus der Expansionsschieber verstellt und damit die Füllung verändert werden. Später wurde die Kulissensteuerung damit verbunden und so die ganze Anordnung sehr vereinfacht.¹⁾

Neben der Meyer-Steuerung wurde damals noch besonders die Expansionssteuerung von Gonzenbach (französisches Patent vom 18. Februar 1843) viel beachtet. Hier bewegte sich der Expansionsschieber im besonderen Schieberkasten über bzw. neben dem Grundschieber. Anfangs wurden die Schieber mit der Gabelsteuerung in der Weise verbunden, daß neben der Gabel des Rückwärtsexzenter eine zweite entgegengesetzt gerichtete Gabel

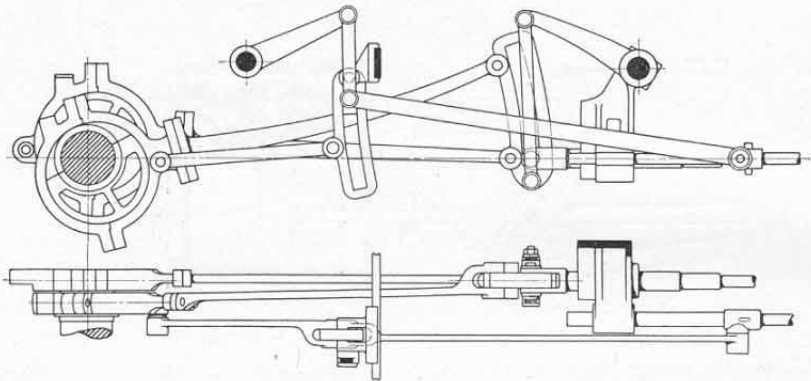


Fig. 772 und 773. Steuerung von Gonzenbach.

angebracht wurde, die, wenn die Rückwärtsexzenterstange ausgeklinkt war, einen doppelarmigen Hebel, an dessen anderem geschlitzten Ende ein Zapfen der Schieberschubstange eingriff, bewegte. Vom Führerstande konnte dieser Zapfen in dem Schlitz verschoben und dadurch der Hub des Expansionsschiebers verändert werden. Die Expansionssteuerung wirkte also nur, wenn die Rückwärtsexzenterstange außer Eingriff mit dem Grundschiebergestänge war, d. h. nur bei Vorwärtsgang der Maschine.

Eine Anordnung der Gonzenbachschen Steuerung aus späterer Zeit, wie sie besonders auch in den 50er Jahren Clapeyron & Hallete in Frankreich vielfach anwendeten, zeigt Fig. 772. Der Expansionsschieber wird hier von einer um ihr oberes Ende schwingenden Kulisse, in der das Ende der Schieberschubstange vom Führerstande aus verschoben werden kann, bewegt.

Auch Koechlin in Mülhausen erhielt am 15. März 1843 ein Patent auf eine der Gonzenbachschen sehr ähnliche Expansionssteuerung, bei der aber auch beim Rückwärtsgang der Expansionsschieber betätigt wurde.

¹⁾ s. Heusinger 1858, S. 32 u. 42.

Delpeche benutzte 1845 eine Expansionssteuerung, Fig. 774, bei der der Expansionsschieber durch einen besonderen Exzenter und eine Kulissee, in deren Schlitz das Ende der Exzenterstange sich vom Führer verschieben ließ, bewegt wurde. Die Expansion wurde ganz ausgeschaltet, wenn man das Stangenende bis in die untere ovale Öffnung der Kulissee senkte. Bei dieser von Cavé ausgeführten Expansionssteuerung wird der Schieberhub und der Voreilwinkel des Exzenters gleichzeitig verstellt. Die Füllung war von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{4}{5}$ veränderlich.¹⁾

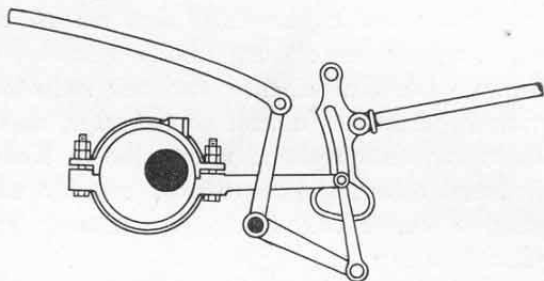


Fig. 774. Steuerung von Delpeche 1845.

(Nach Heusinger, Lokomotiv-Maschinen, Wiesbaden 1858.)

Um die gleiche Zeit entstanden auch in England eine größere Zahl Expansionssteuerungen.

So die von Crampton, Nasmyth, Hawthorn und anderen, die aber alle zu verwickelt waren, um den Anforderungen, die gerade die Engländer an ihre Lokomotiven zu stellen gewohnt waren, genügen zu können. Sie verschwanden sehr bald wieder, zumal in dem kohlenreichen England geringe Brennstoffersparnisse weniger Vorteile boten, als z. B. in Frankreich.

In Deutschland wurde damals die Borsigsche Expansionssteuerung (Patent vom Jahre 1844) vielfach angewendet. Die Firma selbst hat über 1000 Lokomotiven damit ausgerüstet. Die Anordnung zeigt Fig. 775.

Der Expansionsschieber wird von einer am Rückwärtsexzenter angreifenden Stange aus mit einer zwischengeschalteten Kulissee, in der das Ende der Schieberstange verstellt werden kann, bewegt. In der tiefsten Stellung der Schieberstange ist der Hub des Expansionsschiebers am größten. Die Maschine arbeitet dann mit $\frac{1}{4}$ Füllung. Je höher die Schieberstange gehoben wird, um so größer wird die Füllung. Wird die Schieberstange bis zum Drehpunkt des Rahmens gehoben, so steht der Expansionsschieber still und die Maschine arbeitet mit voller Füllung.²⁾

Egells in Berlin wandte 1843 eine Expansionssteuerung an, bei der die Schieber durch besondere Expansionsexzenter von der Hauptantriebs-

¹⁾ s. Armengaud, Publ. ind., Bd. V, S. 50 u. Taf. 4, u. Heusinger, S. 34.

Viele andere gerade der verwickeltesten Expansionssteuerungen, von denen man kaum glauben möchte, daß sie jahrelang den Betrieb auszuhalten vermochten, sind in Frankreich entstanden. Bei einer dieser Expansionssteuerungen wurde der Expansionsschieber von einer besonderen Steuerwelle aus durch ein Exzenter, das vom Führer mit Hilfe eines Zahnradgetriebes sich verdrehen ließ, betrieben. Nicht weniger als zwölf Zahnräder und neun Hebel und Stangen wurden für jede Maschinen-seite benutzt. Und doch soll auch diese Steuerung bei 250 Umdrehungen 15 Jahre lang im Betrieb gewesen sein; s. Armengaud, Publ. ind., Bd. V, Taf. 34, Steuerung von Chaverondier.

²⁾ s. Heusinger, Lokomotiv-Maschinen, Wiesbaden 1858, S. 34.

welle bewegt wurden. Die Exzentrizität der Expansionsexzenter konnte mit Hilfe von längs der Welle verschiebbaren Keilen mit starker Steigung verändert werden. Die Steuerung wurde zeitweise bei vielen Personenlokomotiven der österreichischen Staatsbahnen angewendet, da sie aber zu schwer in Stand zu halten waren, bald wieder verlassen.

Schon vor Egells hatte sich am 16. September 1839 Dodds & Ogen eine ähnliche Anordnung schützen lassen, bei der nur zwei Exzenter nötig waren. Die Kurbelachse war hier zwischen den beiden Kurbeln vierkantig und die Exzenter darauf so befestigt, daß sich Hub und Voreilwinkel mit Hilfe von entsprechend angeordneten Keilen verstellen ließen; wie bei der Kulissensteuerung konnte man mit ihr umsteuern und jede beliebige Expansion einstellen. Dodds' Anordnung kam auch noch in den 60er und 70er Jahren vor.¹⁾

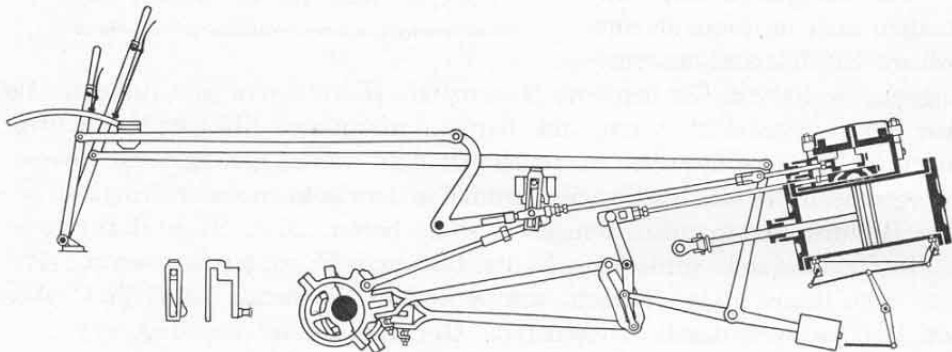


Fig. 775 und 776. Expansionssteuerung von Borsig 1844.

(Nach Gronvelle, Atlas.)

Kaum ein Jahrzehnt haben diese Bestrebungen, möglichst sinnreiche Expansionssteuerungen zu erfinden, angehalten, dann hatte man erkannt, daß für die außerordentlich schwierigen Betriebsbedingungen der Lokomotivdampfmaschine die einfachste Steuerung die beste sein mußte, um so mehr, da sich auch mit den einfachen Kulissensteuerungen eine genügende Veränderung der Füllungsgrade erreichen ließ. Von den zahlreichen Lokomotivsteuerungen blieben die Kulissensteuerungen von Stephenson und Walschaerts-Heusinger die verbreitetsten, neben denen die Kulissee von Gooch und Allan noch angewendet wurde.

¹⁾ Ausführlich hierüber s. Colburn, Locom. Engineering, London 1871, S. 60 u. 61, u. Heusinger, S. 136.

5. Übersicht über die Entwicklung der Lokomotivkessel.

Die ersten Lokomotivkessel waren einfache zylindrische Flammrohrkessel mit einem durchgehenden oder rückkehrenden Flammrohr, wie es Trevithick mit Vorliebe anwandte, um die Heizfläche zu vergrößern. Das rückkehrende Flammrohr war schwierig herzustellen, deshalb ging man vielfach auf das einfache Flammrohr zurück, wie es Stephenson durchweg bei seinen ersten Lokomotiven benutzte. Die hiermit erreichbare Heizfläche aber genügte bei weitem den Anforderungen nicht. Die Zukunft der Lokomotive hing davon ab, einen Kessel mit wesentlich größerer Heizfläche zu schaffen.

War man bei den Dampfwagen, wie vorher erwähnt, vorzugsweise auf Wasserrohrkessel gekommen, so löste hier der Heizröhrenkessel die Aufgabe, bei geringem Gewicht und Raumbedarf, hohe Leistungsfähigkeit zu erreichen.

Einer der ersten Röhrenkessel, bei dem die Heizgase durch eine größere Anzahl dünner Röhren, die von Wasser umgeben sind, strömen, wurde am 14. März 1826 dem Londoner Ingenieur James Neville patentiert (Nr. 5344). Es war ein stehender Röhrenkessel. In der Beschreibung wurde aber betont, daß der Kessel in wagerechter oder schräger Lage ausgeführt werden könne. Als Vorteil des Kessels gab Neville einen wesentlich geringeren Raumbedarf und Brennstoffersparnis durch bessere Wärmeübertragung an.¹⁾

Als eigentlicher Erfinder des Lokomotivkessels kann Marc Séguin, der Neffe des berühmten Montgolfier, des Begründers der Luftschiffahrt, angesehen werden. Seine Brüder hatten eine Eisenbahn von St. Etienne nach Lyon erbaut, die anfangs mit Pferden betrieben wurde. Um auch den Dampftrieb kennen zu lernen, ließ man zwei Lokomotiven von Stephenson kommen. Die geringe Leistungsfähigkeit der Lokomotive, mit der kaum größere Geschwindigkeit als mit Pferden zu erreichen war, veranlaßte Séguin, sich mit der Konstruktion der Lokomotiven eingehend zu beschäftigen. Den Hauptfehler sah er in der zu geringen Heizfläche. Um sie zu vergrößern, ersetzte er das eine weite durchgehende Flammrohr durch eine größere Zahl kleinerer Röhren. Er wandte einen solchen Heizröhrenkessel zuerst 1825 und 1826 auf einem Dampfboot auf der Rhône an. Am 22. Februar 1828 erhielt er den Röhrenkessel auch durch französisches Patent Nr. 3744 gesetzlich geschützt. Die dem Patent beigefügte Zeichnung läßt die Verwendung des Röhrenkessels für ortsfeste Maschinen erkennen. Im folgenden Jahre 1829 wandte er diese Kessel zuerst bei den von Stephenson erbauten Lokomotiven an. Der Zug wurde hier durch Ventilatoren bewirkt. Versuche ergaben, daß

¹⁾ Abbildung und Beschreibung s. Colburn, *Locom. Engineering*, London 1871, S. 23.

auf 1 qm Heizfläche stündlich 33,5 kg Wasser verdampft wurden. Mit 1 kg Steinkohle wurden 7,8 kg Dampf erzeugt. Der Kessel war aber sehr schlecht verankert und sehr schwierig dicht zu halten, und die Dampfmaschine, mit stehenden Zylindern, Balancier und sehr verwickelten Gestängen ausgerüstet, war wenig brauchbar. Diese ersten Kessel waren Röhrenkessel mit rückkehrender Flamme.

Fig. 777 zeigt den bei der Lokomotive 1829 zuerst angewendeten Heizröhrenkessel von Séguin.

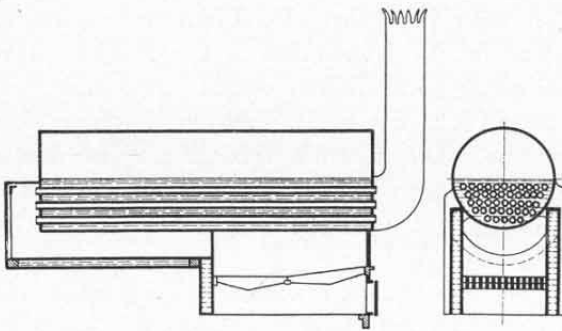


Fig. 777 und 778.
Heizröhrenkessel von Marc Séguin 1829.

Die Bedeutung dieser Erfindung und ersten Anwendung kann kaum überschätzt werden. Sie zeigt sich in dem Siege der Rocket, in der ein wahrscheinlich unabhängig von Séguin, nach den Angaben von Booth von Stephenson erbauter Heizröhrenkessel angewandt wurde.¹⁾

Dieser „Rocket“-Kessel, s. S. 789, Fig. 710, leitete einen neuen Abschnitt in der Entwicklungsgeschichte der Lokomotive ein. Die Feuerbüchse war noch nicht mit dem Kessel zusammengewachsen, die Rauchkammer fehlte noch ganz. Aber aus ihm entwickelten sich im Laufe der nächsten Jahre die normalen Heizröhrenkessel, wie sie sich bei den vorher besprochenen Lokomotiven in verschiedenen Ausführungen finden.

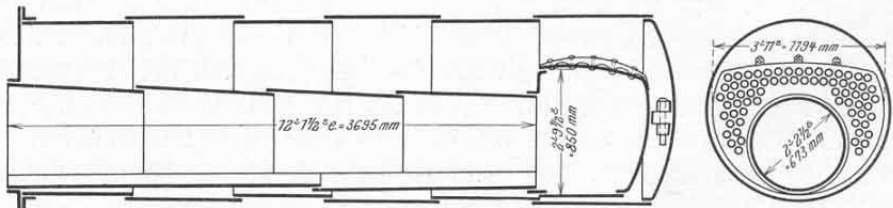


Fig. 779 und 780. Kessel von Hackworth 1830.
(Nach Engineer 1879, Bd. II, S. 322.)

1830 erfand Hackworth einen neuen Heizröhrenkessel, bei dem die Heizgase durch ein innenliegendes Flammrohr zu einer am Ende des Kessels liegenden Erweiterung gelangten, von wo aus sie rückwärts durch eine größere Anzahl von Röhren den Wasserraum des Kessels durchstrichen. Der Kessel, Fig. 779 und 780, wurde noch vor dem Kessel des von Stephenson

¹⁾ Über Séguins Röhrenkessel s. Heusinger, Lokomotivmaschinen, 1858, S. 11 und Armengaud, Moteurs à vapeur, Bd. II, S. 177, Colburn, Locom. Engin., 1871, S. 23, Bull. de la Soc., Jahr 1828, Bd. 27, S. 424.

erbauten Planet ausgeführt und galt in mancher Hinsicht als besser, er war vor allem leichter herzustellen, aber er hatte den großen Nachteil, daß sich nur eine verhältnismäßig kleine Rostfläche von etwa 6 bis 7 Qu.-Fuß (0,56 bis 0,65 qm) erreichen ließ, wogegen Stephenson 18 bis 20 Qu.-Fuß (1,67 bis 1,76 qm) bequem unterbringen konnte.¹⁾

R. & W. Hawthorn erhielten am 21. November 1835 ein Patent in England auf einen neuen Kessel, bei dem die Heizgase wie bei einem gewöhnlichen Kessel durch Heizröhren die Kessel durchzogen, dann aber durch ein anderes Rohrsystem wieder zurückgeführt wurden. Die Anordnung der rückwärtsführenden Röhren war aber so verwickelt, daß die Konstruktion, obwohl sie anfangs mit großen Erwartungen aufgenommen wurde, bald wieder verlassen werden mußte. Bei diesem Kessel hatte Hawthorn auch bei der Rauchkammer eine besondere Heizkammer angebracht, bei dem der Dampf vor dem Eintritt in den Zylinder nochmals erhitzt wurde und so getrocknet werden sollte. Ebenfalls war hier zur Dampfantnahme ein die ganze Länge des Dampfraumes durchziehendes Rohr angewendet, das auf seiner oberen Seite siebartigen Rost oder ovale Löcher hatte, um die Dampfaufnahme über eine bedeutende Oberfläche zu verteilen und so das Mitreißen von Wasser zu verhüten oder doch zu vermindern.²⁾

Auch noch andere Konstruktionen kamen vorübergehend vor. So findet man statt der wagerechten Röhren auch ganz kurze senkrechte Röhren, die vom Wasserraum ausgehen, also von Wasser gefüllt sind, und sowohl in die Feuerbüchse, als in das eine der beiden Heizrohre hineinragen.³⁾

Aber alle diese Abweichungen von den normalen Lokomotivkesseln, wie sie bei der Rocket und dem Planet zuerst angewandt wurden, hatten keine Erfolge. Die einmal geschaffene Bauart bewährte sich auf das beste und ihre Veränderungen erstreckten sich hauptsächlich auf die Vergrößerung der Heizfläche und auf die Verbesserung konstruktiver Einzelheiten. Man bemühte sich, die Kesselteile besser gegeneinander zu verankern und zu versteifen. Die Feuerbüchse suchte man in dieser Hinsicht widerstandsfähiger zu machen; auch zylindrische Feuerbüchsen mit kugelförmiger Haube suchte man einzuführen. Die gewöhnlichen viereckigen Feuer„kisten“ blieben aber am weitesten verbreitet.

Die Leistungsfähigkeit wurde durch Vermehren der Röhren außerordentlich gesteigert. Die Rocket hatte 1829 25 Röhren mit einer Heizfläche von 137,7 Qu.-Fuß (12,8 qm); 1848 hatte die größte Lokomotive der Welt bereits 305 Röhren und eine Heizfläche von über 2000 Qu.-Fuß (186 qm).

Bei den ersten Lokomotiven hatte man mit Rücksicht auf die verlangte rauchlose Verbrennung Koks gebrannt. Als man am Ende der 30er und 40er Jahre anfang in größerem Maßstabe Kohlen zu brennen, führte

¹⁾ s. Engineer 1879, Bd. II, S. 322.

²⁾ s. Heusinger, Lokomotiv-Maschinen, 1858, S. 21.

³⁾ s. Heusinger, Tafel 25, S. 112.

dies zu den verschiedensten Ausführungen der Feuerung, mit denen man eine bessere Ausnützung des Brennstoffes und vor allem eine bessere Rauchverbrennung erzielen wollte. Aber auch hier mußten alle die verwickelten Anordnungen den einfachen Ausführungen wieder weichen.¹⁾

6. Betriebsverhältnisse und Leistungen.

Die Lokomotiven stellten gegenüber den vorhandenen ortsfesten Dampfmaschinen wesentlich höhere Betriebsanforderungen. Sie mußten auf kleinsten Raum zusammengedrängt, Wind und Wetter und unzähligen Stößen ausgesetzt, bei hohen Dampfdrücken und damals ungewöhnlich hohen Umdrehzahlen ihre Arbeit verrichten. Der ungeahnt mächtig sich durch die Lokomotive entwickelnde Verkehr verlangte immer leistungsfähigere Maschinen. Die folgenden Zahlen zeigen, in wie hohem Maße die Konstrukteure es verstanden haben, den Anforderungen gerecht zu werden.

Der Dampfdruck im Kessel überstieg bis 1840 selten 50 Pfd./Qu.-Zoll (3,5 kg/qcm). Nur wenig Lokomotiven arbeiteten damals mit Spannungen bis zu 60 Pfd. (4,2 kg/qcm). Langsam steigerte sich dann der Dampfdruck, als man auch bei der Lokomotivmaschine eine Brennstoffersparnis für wesentlich hielt und diese durch weiter gehende Expansion zu erreichen suchte, auf 100 und 120 Pfd./Qu.-Zoll. (7 bis 8,4 kg/qcm).

Die Kolbengeschwindigkeit wesentlich zu steigern suchte man anfangs durch große Treibräder bis zu 9 Fuß (2,7 m) Durchmesser zu vermeiden. Kolbengeschwindigkeiten über 500 Fuß in der Minute (2,5 m/sk) finden sich selten. Noch bis in die 50er Jahre hielt man auch für Lokomotiven an der von Watt aufgestellten Regel fest, die 220 Fuß in der Minute (1 m/sk) für allein zweckmäßig erklärt hatte.²⁾

Die Leistungsfähigkeit der Lokomotiven war bis 1840 schon sehr gestiegen. Das Gesamtzuggewicht der „Rocket“ 1829 betrug 17,2 t, ein Jahr später hatte der „Planet“ bereits 60,4 und der „Atlas“ 1832 bereits ein Zuggewicht von 210,2 t zu bewältigen. Oder die Leistung in Tonnen-Kilometer ausgedrückt ergibt für die „Rocket“ 383, für den „Planet“ 2251 und den „Atlas“ 3288 tkm

Der Koksverbrauch, auf 1 tkm bezogen, stellt sich bei der „Rocket“ auf 0,25 kg, beim „Atlas“ drei Jahre später nur noch auf 0,072 kg. 1845 galt als sehr günstiger Kohlenverbrauch für eine Lokomotive von 164 PS, $6\frac{2}{3}$ Pfd. Koks für 1 PS-st.

¹⁾ Ausführlich darüber berichtet mit Abbildungen Clark, Railway Machinery, Glasgow 1854 und Clark & Colburn, Recent practice in the Locomotive Engine, Glasgow 1860, S. 25 bis 32.

²⁾ s. Colburn, Locomotive Eng. 1871, S. 55.

Abmessungen und Leistungen von vier Stephenson'schen Lokomotiven aus den Jahren 1829 bis 1832 sind in der folgenden Zahlentafel zusammengestellt:

Jahr	Name der Maschine	Zylinderdurchmesser	Hub	Gesamt-Heizfläche	Röhrenzahl	Rostfläche	Koksverbrauch	Leistung	Lokomotivgewicht	Zuggeschwindigkeit	Dampfdruck im Kessel
		Zoll (mm)	Zoll (mm)	Qu.-Fuß (qm)		Qu.-Fuß (qm)	Pfd. f. 1 Tonne und Meile (kg f. 1 tkm)	Meilentonnen (tkm)	t engl. (t)	engl. Meilen st (km/st)	Pfd./Qu.-Zoll (kg/qcm)
1829	Rocket	8 (203)	16 $\frac{1}{2}$ (418)	137 $\frac{3}{4}$ (12,8)	25	6 (0,557)	0,91 (0,25)	234,6 (383)	4,25 (4,32)	13,8 (22,21)	50 (3,3)
1830	Planet	11 (279)	16 (406)	314,5 (29,2)	94	6,5 (0,603)	—	1379,5 (2251)	9,00 (9,14)	15,5 (24,94)	50 (3,3)
1831	Vesta	11 $\frac{1}{4}$ (282)	16 (406)	302,1 (28,1)	80	7,06 (0,656)	0,296 (0,083)	1855,7 (3033)	8,71 (8,80)	17,35 (27,92)	53 (3,7)
1832	Atlas	12 (304)	16 (406)	274,9 (25,5)	68	9,2 (0,855)	0,256 (0,072)	2011,1 (3287)	11,4 (11,6)	9,72 (15,64)	53 (3,7)

Die Lokomotiven der London-Birmingham-Bahn wogen 1845 etwa 12 $\frac{1}{4}$ t; die Personenlokomotiven hatten 12 Zoll (305 mm) Zylinderdurchmesser und 18 Zoll (457 mm) Hub, die Güterzuglokomotiven 13 Zoll (330 mm) Zylinderdurchmesser und 18 Zoll Hub. Die Personenlokomotiven hatten 10 $\frac{1}{2}$ t Dienstgewicht bei einer gesamten Heizfläche von 420 Qu.-Fuß (39 qm).¹⁾

Was den Kohlenverbrauch anbelangt, so ergaben Versuche, die 1850 mit Lokomotiven in England angestellt wurden, einen Kohlenverbrauch von nur 2 $\frac{1}{2}$ Pfd. (1,13 kg) für 1 PS-st.²⁾

In den 50er Jahren schwankte der Kohlenverbrauch bei 12 preußischen Eisenbahnen auf 100 tkm bezogen:³⁾

bei Personenzügen im Jahre 1854 zwischen	3,18 bis 13,37 kg
„ „ „ „ 1855	„ 3,42 „ 11,58 „
„ Güterzüge „ „ 1855	„ 2,21 „ 4,97 „

Die folgende Tabelle gibt eine ungefähre Übersicht über Abmessungen und Leistungen einer Anzahl von 1840 bis 1850 erbauten Lokomotiven:

¹⁾ s. Colburn, Locom. Eng. 1871, S. 54.

Auch die ersten Lokomotiven waren schon oft sehr dauerhaft. Der 1836 erbaute „Lightning“ legte in 31 Jahren 816601 Meilen zurück, das sind im jährlichen Durchschnitt 26 343 Meilen (42 300 km).

²⁾ s. Clark, Railway Machinery, Glasgow 1855.

Sehr bemerkenswert sind ferner die sehr eingehenden Versuche an bayerischen Lokomotiven, die Bauschinger in München anstellte und veröffentlichte; s. Bauschinger, Indikatorversuche an Lokomotiven, Leipzig 1868.

³⁾ s. Erbkam, Zeitschr. f. Bauwesen, Jahrg. 8, S. 351, und Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, Bd. III, S. 427. Die Angaben sind hier in Zollpfund auf 100 Zentnermeilen ausgedrückt. 100 Z.-M. = 37,66 tkm.

Jahr	Erbauer	Zylind.- Durch- messer mm	Hub m	Rost- fläche qm	Anzahl der Röhren	Länge der Röhren m	Ges.- Heiz- fläche qm	Dienst- gewicht t
1840	Roberts	330	0,46	1,046	162	2,55	55,88	—
1841	Maffei ¹⁾	305	0,46	0,929	—	—	46,17	—
1843	Stephenson	355	0,51	0,850	160	3,68	68,39	19,19
1845	„	380	0,61	0,880	139	3,94	68,79	22,29
1846	Derosne und Cail	380	0,56	0,845	125	3,80	71,51	21,50
1847	„ „ „	380	0,60	0,945	145	3,50	82,15	25,20
1847	Koechlin	380	0,60	0,910	125	3,78	76,77	23,09
1848	Curtis ²⁾	457	0,61	—	—	—	209,95	34,00
1848	Cavé	380	0,56	0,920	145	3,92	85,80	23,04
1848	Henschel ³⁾	380	0,61	1,000	—	—	70,00	25,00
1849	Derosne und Cail	400	0,55	1,417	178	3,60	102,33	27,30
1849	Polonceau	440	0,60	0,980	180	3,76	96,64	25,86
1849	Flachat	450	0,70	0,960	120	4,11	79,69	—
1850	Derosne und Cail	420	0,60	1,090	154	4,00	99,94	26,50
1850	„ „ „	380	0,61	0,950	143	3,92	88,72	25,36

Die Heizfläche schwankt hier zwischen 46 und 209 qm, das Dienstgewicht zwischen 19 und 34 t.

Die Geschichte der neueren Entwicklung wird zeigen, in welcher großartiger Weise sich die Leistungsfähigkeit dieser durch die Spurweite in ihrer räumlichen Ausdehnung so sehr begrenzten Lokomotivdampfmaschine weiterhin entwickelt hat.

1) Kesseldruck 6 at.

2) Größte Lokomotiv-Maschine der Welt.

3) Dampfüberdruck 8 kg/qcm.