

# Die Untersuchungen

an

# Dampfmaschinen und Dampfkesseln

und

an einigen Rheinischen und Westfälischen Kohlensorten

auf der

## Gewerbe-Ausstellung

für Rheinland, Westfalen und benachbarte Bezirke

in Verbindung mit einer

allgemeinen deutschen Kunst-Ausstellung

in

Düsseldorf 1880.

Im Auftrage des Vorstandes der Ausstellung

herausgegeben,

unter besonderer Mitwirkung von **F. Böcking,**

Oberingenieur des Rheinischen Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereins in Düsseldorf,

von

**H. v. Reiche,**

Professor des Maschinenbaues an der Königl. Rheinisch-Westfälischen technischen Hochschule in Aachen.

Mit 18 lithographirten Tafeln.

AACHEN, 1881.

VERLAG VON

Königl. Hof-



J. A. MAYER

Buchhandlung.

# Vorwort.

Es liess sich voraussehen, dass in der Ausstellung Rheinland-Westfalens, zweier Provinzen, in welchen die Eisenindustrie eine so hohe Entwicklung genommen hat, der Dampfmaschinenbau und die Dampferzeuger eine hervorragende Rolle spielen würden.

Auf diesem Gebiete sind, namentlich seitdem die neue Patent-Gesetzgebung in Kraft getreten, so viele Neuerungen entstanden, dass es selbst für den Fachmann schwierig ist, zu entscheiden, ob und welche Patente als wirkliche Verbesserungen zu betrachten sind, da dies fast nur durch kostspielige und zeitraubende Untersuchungen zu konstatiren ist.

Noch mehr im Zweifel über die vortheilhaftesten Constructionen ist aber der Abnehmer, der nicht selber Maschinentechniker, bei den vielen Anpreisungen von neuen Erfindungen gar nicht in der Lage ist, das Gute von dem Schlechten zu unterscheiden.

Dem Wunsch, auf der Ausstellung wissenschaftliche Untersuchungen der genannten Ausstellungsobjecte vorzunehmen, gab zuerst der Aachener Bezirks-Verein deutscher Ingenieure Ausdruck, dem sich dann der Niederrheinische Bezirks-Verein zu Düsseldorf anschloss.

Der Ausstellungsvorstand, überzeugt, dass er durch Unterstützung dieses Projectes nicht allein einer grossen Zahl von Interessenten entgegenkommen, sondern auch der technischen Wissenschaft einen grossen Dienst durch die Anstellung möglichst sorgfältiger Untersuchungen erweisen würde, acceptirte die ihm gemachten Vorschläge und bewilligte zunächst einen Zuschuss von 4500 Mark zu den Kosten, während von den Ausstellern der zu untersuchenden Dampfmaschinen und Dampfkessel für jede Untersuchung ein Beitrag von 300 Mark verlangt wurde. Es war dies eine nicht zu vermeidende Heranziehung, da die Gesamtkosten der Untersuchungen auf 10000 Mark veranschlagt waren und selbst diese Summe noch wesentlich überschritten worden ist.

Die im Anschluss an diese Arbeiten vorgenommenen Kohlen-Untersuchungen mussten wegen der Kürze der Zeit nur auf eine verhältnissmässig geringe Anzahl von Kohlensorten beschränkt werden, immerhin werden sie aber für Viele nicht uninteressant sein.

Eine Commission von Sachverständigen, bestehend aus den Herren:

von Reiche, Professor, Aachen,  
Böcking, Oberingenieur, Düsseldorf,  
Stahlschmidt, Professor, Aachen,  
Geisler, Ingenieur, Düsseldorf,  
Demeure, Ingenieur, Stolberg,  
Schroiff, Ingenieur, Kohlscheidt,  
Herbst, Bergschullehrer, Bochum,

wesentlich unterstützt durch die Herren:

Civil-Ingenieur Kölling, Gelsenkirchen,  
Ober-Ingenieur Vogt, Barmen,  
Ingenieur Emundts, Düsseldorf,  
„ Schnelle, Bochum,  
„ Westhofen, Elberfeld,

hatte sich zur Uebernahme dieser zeitraubenden Untersuchungen bereit erklärt. Es ist uns eine angenehme Pflicht, diesen Herren auch an dieser Stelle den besten Dank für ihre mühevollen Arbeit auszusprechen.

Wir hoffen, dass die vorliegende Abhandlung, deren Bearbeitung in zuvorkommender Weise der Vorsitzende der Commission, Herr Professor von Reiche aus Aachen, wesentlich unterstützt von Herrn Ingenieur Böcking aus Düsseldorf, besorgte, dazu beitragen wird, die so vielfach gewünschte Aufklärung über verschiedene Neuerungen auf dem Gebiete des Dampfmaschinenwesens und der Dampfkessel zu geben, und dass die Versuche der Wissenschaft, der Industrie und dem Vaterlande zur Ehre und zum Nutzen gereichen mögen.

Düsseldorf, im März 1881.

## Der Vorstand

der Gewerbe-Ausstellung für Rheinland, Westfalen und benachbarte Bezirke,  
in Verbindung mit einer allgemeinen deutschen Kunstaussstellung,

Düsseldorf 1880.

Der Vorsitzende:  
H. Lueg,  
Commerzienrath.

Der stellvertretende Vorsitzende:  
Chr. Trinkaus.

# Vorwort des Herausgebers.

Der Inhalt dieses Werkes ist die Frucht der Arbeit der Commission, welche vom Ausstellungsvorstande berufen war, deren Geschichte im Text niedergelegt und deren Mitglieder und Mitarbeiter darin genannt sind.

Ich hatte nur die Ehre ihr zu präsidiren, die Freude ihre Arbeit zu theilen, und die Aufgabe die Resultate dieser Arbeit in diesem Werke zusammenzustellen und weiteren Kreisen zugänglich zu machen.

Der Gegenstand, mit welchem das Buch sich befasst, forderte, und der Vorstand wünschte die möglichste Beschleunigung in der Herausgabe desselben; und ich glaube, wenn man berücksichtigt, dass dies nicht ein Ausstellungs-Bericht ist, welcher nur von Vorgefundenem erzählt, sondern dass das, wovon dieses Buch Kunde giebt, von der Commission erst geschaffen werden musste, so wird man dem Fleiss, mit welchem seine Mitglieder arbeiteten, Gerechtigkeit widerfahren lassen, um so mehr, da alle Commissions-Mitglieder Berufs-Stellungen innehaben, durch welche sie in gewöhnlichen Zeiten vollständig in Anspruch genommen werden.

Jedenfalls war keine Zeit vorhanden, über die ermittelten und hier mitgetheilten Resultate lange zu philosophiren; aus ihnen lassen sich also vielleicht noch manche werthvolle Schlüsse ziehen, welche im Buche nicht enthalten sind.

Nur da, wo alle Resultate nackt im Buch niederzulegen nicht möglich war, habe ich mir zur Pflicht gemacht sie möglichst zu verarbeiten und direct zu verwerthen.

So z. B. konnten unmöglich sämtliche Indicator-Diagramme veröffentlicht werden; ausgenutzt aber mussten sie werden nicht allein ihrem Inhalt, sondern auch ihrer Form nach; und da habe ich denn natürlich versuchen müssen, möglichst viel Lehrstoff aus ihnen zu ziehen in einer Weise, wie ich sie nach bestem Wissen für die rechte hielt; und dann diesen Lehrstoff hier mitzutheilen.

Von meinen übrigen Werken unterscheidet sich dieses Buch ferner dadurch, dass ich in demselben die Kritik möglichst gezügelt, d. h. sie nur da angewandt habe, wo sie durchaus nicht zu umgehen war, und wo ich meine Ansicht wesentlich in Uebereinstimmung wusste mit derjenigen meiner Herren Collegen aus der Commission; — während in meinen andern Werken scharfe und unnachsichtige Kritik zu üben ich stets für eine meiner vornehmsten Pflichten hielt.

Dies Verfahren schien mir geboten dadurch, dass wir uns hier in erster Linie mit den Erzeugnissen ganz bestimmter Firmen beschäftigen, und von ihnen erst zu wissenschaftlichen Betrachtungen übergehen; während dort die Wissenschaft als solche behandelt und nur durch Beispiele erläutert wird.

Für die absolute Genauigkeit aller mitgetheilten Zahlen darf man mich nicht verantwortlich machen. Alles selbst zu rechnen oder nur zum grossen Theil nachzurechnen war mir rein unmöglich. Was ich zur Controlle thun konnte, ist geschehen; im Uebrigen aber muss ich mich verlassen auf die Gewissenhaftigkeit meiner Herren Mitarbeiter, welche mit ihrem Namen für die Genauigkeit der von ihnen ausgeführten (im Text angegebenen) Arbeiten haften.

Schliesslich danke ich herzlich allen meinen Herren Collegen aus der Commission für die bereitwillige Unterstützung in meiner Arbeit; namentlich dem Herrn Böcking, welcher, während ich den Ehren-Vorsitz in der Commission einnahm, all die zahlreichen Arbeiten des Präsidiums (Correspondenz mit den Ausstellern und mit den Commissions-Mitgliedern, Beschaffung von Apparaten und Instrumenten etc. etc.) mit beispielloser Energie ausführte; und ich danke im Namen der Commission dem Ausstellungsvorstande für die vollbemessenen Mittel zu einer würdigen Ausstattung dieses Werkes, und für die Festsetzung eines so ungewöhnlich niedrigen Verkaufspreises, durch welche der Vorstand, im Interesse der weitesten Verbreitung des Werkes, der Wissenschaft und den Ausstellern ein weiteres Opfer darbringt.

Aachen, im März 1881.

**H. v. Reiche.**

# Inhalts-Verzeichniss.

	Seite
I. Die Untersuchungs-Commission .....	1
II. Zweck der Untersuchungen.....	1
III. Instrumente und Apparate und das Verfahren mit denselben an Maschinen .....	3
a) Die Bremszäune.....	3
b) Die Indicatoren .....	4
c) Andere Instrumente.....	5
IV. Beschreibung der Maschinen, und der Versuche welche an ihnen vorgenommen wurden .....	5
a) Adolph von der Becke .....	5
b) Maschinenbau-Actien-Gesellschaft Union.....	6
c) Ernst Wortmann .....	6
d) Humboldt.....	6
e) Duisburger Maschinenbau-Actien-Gesellschaft .....	6
f) Gutehoffnungshütte .....	6
g) Robert Küchen .....	7
h) Gebr. Meer .....	7
i) Gebr. Klein .....	7
k) Isselburger Hütte .....	8
l) A. Wever & Comp. ....	8
V. Resultate der Versuche an Maschinen.....	8
Tabelle 1, Dampfmaschinen .....	10—11
VI. Die Versuche an Dampfkesseln .....	12
a) Kohlen .....	12
b) Wasser .....	12
c) Dampf .....	13
d) Heizgase .....	13

	Seite
VII. Beschreibung der Kessel, und der Versuche welche an ihnen vorgenommen wurden .....	13
a) Jacques Piedboeuf in Düsseldorf.....	13
b) Jacques Piedboeuf in Aachen .....	14
c) Schulz Knaut & Comp. in Essen a. d. Ruhr .....	14
d) K. & Th. Möller in Kupferhammer .....	15
e) Schulz Knaut & Comp. in Essen a. d. Ruhr .....	15
f) L. & C. Steinmüller in Gummersbach .....	15
g) F. A. Neumann in Aachen .....	15
h) Ewald Berninghaus in Duisburg .....	15
i) Schulz Knaut & Comp. in Essen a. d. Ruhr .....	15
k) Ewald Berninghaus in Duisburg.....	15
l) A. Büttner & Comp. in Uerdingen.....	15
m) Walther & Comp. in Kalk bei Cöln .....	16
VIII. Resultate der Versuche an Kesseln.....	16
Tabelle 2, die mechanischen Verhältnisse der Kessel 18—19	
„ 3, Kohlenverbrauch .....	17
„ 4, Materialien.....	20
„ 5, Leistung der Kessel .....	21
„ 6, Beschickung des Rostes.....	21
„ 7, Speisung der Kessel .....	22
„ 8, Vergleichung der Leistung der Kessel und ihrer hauptsächlichsten Ursachen .....	22
IX. Die Versuche an Kohlen .....	23
Tabelle 9, Zusammensetzung der Kohlen .....	23
„ 10, Kohlenverbrauch .....	24
„ 11, Materialien.....	25—26
„ 12, Speisung des Kessels.....	26
„ 13, Beschickung des Rostes.....	27
„ 14, Leistung der Kohlen.....	28

# Untersuchungen

an

## Dampfmaschinen, Dampfkesseln und Kohlen.

### I. Die Untersuchungs-Commission.

Auf Antrag des Niederrheinischen und des Aachener Bezirks-Vereins Deutscher Ingenieure hatte der Vorstand der Ausstellung beschlossen, eine Commission niederzusetzen zur Vornahme von wissenschaftlichen Untersuchungen der Dampfkessel und Dampfmaschinen, deren Aussteller sie zur Untersuchung anmelden und sich bereit zeigen würden, einen angemessenen Beitrag zu den Kosten der Untersuchungen zu tragen.

In diese Commission berief der Vorstand:

1. Herr **Becker**, in Firma Gebr. Meer, Maschinenfabrik in M. Gladbach;
2. Herr **Böcking**, Oberingenieur des Rheinischen Dampfkessel-Ueberwachungsvereins in Düsseldorf;
3. Herr **Classen**, Professor der Chemie an der k. technischen Hochschule zu Aachen;
4. Herr **E. Demeure**, Ingenieur der A. G. für Bergbau etc. in Stolberg;
5. Herr **Geisler**, Civilingenieur in Düsseldorf;
6. Herr **Kley**, Civilingenieur in Bonn;
7. Herr **Pinno**, Dampfkessel-Revisor im Bezirke der k. Bergwerks-Direction Saarbrücken in St. Johann;
8. Herr **v. Reiche**, Professor des Maschinenbaues an der k. technischen Hochschule in Aachen;
9. Herr **Schroiff**, Ingenieur der Vereinigungs-Gesellschaft in Kohlscheidt.

Von diesen Mitgliedern der Commission schieden gleich nach der ersten constituirenden Versammlung derselben aus die Herren Classen, Kley und Pinno; späterhin trat auch noch Herr Becker aus, nachdem derselbe an fast sämtlichen Vorarbeiten sich lebhaft betheiligte hatte.

An Stelle der Ausgeschiedenen wurden durch Cooptation der Commission zugeführt:

10. Herr Dr. **Stahlschmidt**, Professor der technischen Chemie an der k. technischen Hochschule in Aachen;
11. Herr **Isambert**, Oberingenieur des Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereins in Mannheim, — welcher aber nur einer vorbereitenden Sitzung anwohnte, um dann ebenfalls wieder auszutreten;
12. Herr **Herbst**, Lehrer an der k. Bergschule in Bochum.

Ausserdem betheiligten sich noch an den Versuchs-Arbeiten und leisteten bei den Experimenten werthvolle Dienste:

13. Herr **Emundts**, Ingenieur des Rheinischen Dampfkessel-Revisions-Vereins in Düsseldorf;
14. Herr **Kölling**, Civilingenieur in Gelsenkirchen;
15. Herr **Schnelle**, Gewerbeschullehrer a. D. und Ingenieur in Bochum;
16. Herr **Vogt**, Oberingenieur des Bergischen Dampfkessel-Revisions-Vereins in Unter-Barmen;
17. Herr **Weiss**, Betriebsingenieur der Ausstellung in Düsseldorf;
18. Herr **Westhofen**, Ingenieur des städtischen Wasserwerkes in Elberfeld.

Die Commission wählte in ihrer constituirenden Versammlung den Professor v. Reiche zu ihrem Vorsitzenden und Herrn Böcking zum stellvertretenden Vorsitzenden, erledigte alle Vorarbeiten im

Plenum und theilte sich für die Versuchszeit in zwei Gruppen, deren eine unter Führung des Herrn Böcking die Versuche an den Dampfkesseln, und deren andere unter Führung des Professors v. Reiche die Versuche an den Maschinen vornahm.

Verhinderung einzelner Mitglieder an einigen Tagen machte Vertretung nothwendig, in Folge welcher mehre Herren bald in der einen und bald in der anderen Gruppe thätig waren.

Endlich trat zu den Aufgaben der Commission noch die Untersuchung des Heizwerthes der Kohlen solcher Zechen Rheinlands und Westfalens hinzu, welche für die Kosten der Untersuchung ein entsprechendes Opfer zu bringen bereit waren.

### II. Zweck der Experimente.

Hauptzweck der Experimente sollte sein, einen Beitrag zu liefern zur Beantwortung der Fragen:

1. Welche Dampfmaschine ist für einen bestimmten Betriebszweck die öconomisch günstigste; — d. h.: welche Dampfmaschine beansprucht pro Stunde und effective Pferdekraft die geringsten Opfer an Geld für Kohlen, Verzinsung und Amortisation des Anlage-Capitals (nicht allein für die Maschine, sondern auch für die Grundstücke und die Fundamente, das Maschinengebäude und sämtliches Zubehör), Schmierung, Wartung und Reparatur, und endlich durch etwaige Betriebsstörungen.
2. Welcher Kessel ist für einen bestimmten Betriebszweck der öconomisch günstigste; — d. h. welcher Kessel liefert im normalen Betriebe ein Kilogramm Dampf zu dem niedrigsten Preise; wenn wieder in den letzten gerechnet werden die Kosten für Kohlen, Verzinsung und Amortisation des gesammten Anlage-Capitals, Wartung, Reparatur und ein Ersatz für etwaige Betriebsstörungen.
3. Welche Kohle ist für einen bestimmten Betriebszweck die öconomisch beste, und zwar, da unmöglich alle Verwendungsarten der Kohle in Betracht gezogen werden können: welche Kohle liefert als Kesselbrand den best öconomischen Effect, welche Kohle also liefert für 1 Mk. Kaufpreis die meisten Kilogramme Dampf?

Die Commission war sich von vornherein bewusst, dass sie ausser Stande sei, diese Fragen zu beantworten, und dass sie also, wie bereits gesagt, sich darauf beschränken müsse, einen Beitrag zu ihrer Lösung zu liefern.

Zu diesem Zwecke wurde die Vornahme verschiedener Experimente und die Ermittlung verschiedener Thatsachen beschlossen, und das Alles in einem Arbeitsplane zusammengestellt.

Der letztere wurde — dem Feuereifer der jüngeren Commissions-Mitglieder zu Liebe — so breit angelegt, dass die erfahreneren Mitglieder von vornherein von der Unmöglichkeit, ihn in allen Theilen durchzuführen, überzeugt waren.

In der That wurden denn einzelne geplante Experimente nicht einmal begonnen, weil, sobald es an's wirkliche Versuchen

ging, sich Jeder von der Unausführbarkeit derselben überzeugete. Andere Experimente wurden mit grosser Mühe und vielen Kosten beharrlich bis zu Ende durchgeführt, um dann die (allerdings vorausgesehene aber dadurch nicht minder unangenehme) Ueberzeugung zu liefern, dass die Resultate falsch und deshalb zu Nichts zu gebrauchen seien.

Bei Beurtheilung dieser Nichterfolge bittet die Commission zu bedenken, dass man auf einer Ausstellung unter nahezu den denkbar ungünstigsten Verhältnissen experimentirt.

Unterwirft man sonst eine Maschine oder einen Kessel einer wissenschaftlichen Untersuchung, so wird nicht allein Alles durchdacht und angeordnet, sondern der Experimentator hat auch meistens Zeit und Gelegenheit, die Ausführung seiner Anordnungen zu controlliren, die Apparate auf ihr Functioniren an Ort und Stelle zu probiren und den Versuch wo möglich erst blind zu machen und nöthigenfalls so lange zu wiederholen, bis Nichts mehr das Gelingen des ersten Versuches gefährden kann.

Die Commission dagegen musste mit ihren Instrumenten und Apparaten von Tag zu Tag umziehen und da zeigte sich zunächst, dass Nichts passte, trotzdem Alles auf's Genaueste durch Schrift, Skizzen und Chablonen vorgeschrieben war.

Die Bremsscheiben passten nicht auf den Büchsen und die Keile nicht in den Nuthen; die Indicatoren waren nicht anzubringen, denn da, wo z. B. 1" Whitworth-Gewinde vorgeschrieben war, fand man entweder  $\frac{3}{4}$ " Whitworth oder 1" Gasgewinde etc. Das Control-Manometer war nur sehr selten ohne Weiteres, die Indicatorschnüre waren oft nur mit vieler Mühe zu befestigen; ja selbst die Aufstellung eines so einfachen Apparates, wie es ein Hubzähler ist, verzögerte nicht selten den Beginn des Experimentes um mehre Stunden.

War endlich Alles geordnet, dann zeigten sich nach Beginn des Versuches neue Uebelstände:

Die Maschinen waren ja bis dahin nur spazieren gelaufen, ohne nennenswerthe Arbeit zu verrichten, daher auch weder eingelaufen noch in den einzelnen Theilen richtig justirt.

Wurde nun die Bremse angezogen und dadurch der Maschine die normale Leistung zugemuthet, dann lief sich entweder Etwas warm, oder die Steuerung oder der Regulator oder der Condensator etc. verweigerten den Dienst.

Der Condensator versagte an mehren Maschinen, weil im Laufe des Experimentes das Condensationswasser entweder ausging oder zu warm wurde. In dieser Beziehung muss man bedenken, dass der Bedürfnisse, welche die Ausstellung zu befriedigen hatte, zu viele waren. Man durfte eines einzelnen Versuches wegen nicht die ganze Maschinenhalle, oder wenigstens nicht auf zu lange Zeit, stillsetzen, sondern musste auch den übrigen Ausstellern Dampf und Wasser zuführen.

Am meisten Last hatte die Commission mit den Regulatoren; sie taugten fast alle Nichts.

Statt den Gang der Maschine zu regeln, machten sie ihn unruhig, indem sie Maximal- und Minimal-Füllungen unmittelbar auf einander folgen liessen, in Folge dessen nicht selten einen plötzlichen Stillstand der Maschine herbeiführten und dadurch die angefangenen Versuche immer wieder vereitelten.

Einige der Aussteller schoben die Schuld hiervon auf unsere Bremszäume; allein wir sehen nicht ein, was wir noch mehr hätten thun können, um sie möglichst vollkommen herzustellen (s. Abschnitt III, a) und dann halten wir dafür, dass sie auch wirklich gut functionirten und gut bedient wurden, und einen so gleichförmigen Widerstand erzeugten, wie ihn der Betrieb in der Praxis nur selten darbietet.

Denn bei allen Versuchen war die spielende Zunge der Decimalwaage, auf welche die Bremszäume wirkten, in Balance zu halten einfach zwischen zwei Fingerspitzen, ohne dass man dabei irgend welchen unangenehmen Druck der Haut empfunden hätte; und daraus mussten wir folgern, dass dieser Druck sehr gering, und also die Gleichförmigkeit des Reibungswiderstandes sehr gross sei.

Immerhin aber war der letztere doch zu variabel, als dass man mit unveränderlicher oder von Hand verstellbarer Expansion hätte arbeiten können; die dahin zielenden Versuche misslangen ohne Ausnahme dadurch, dass sie die Maschine zum Stehen brachten.

Demnach blieb in vielen Fällen, um nur einen Versuch zu Ende führen zu können, nichts Andres übrig, als dem Centrifugalregulator noch einen lebendigen Regulator, oder wenn man lieber will, einen lebenden Katarakt zuzufügen; d. h. Jemanden zu beauftragen, mit seiner Muskelkraft den Regulator zu bändigen und seine Ausschreitungen zu verhindern.

Zwar waren schon fast alle Regulatoren mit mechanischen Katarakten versehen, aber die taugten nicht, denn sie waren weder justirt, noch auch nur justirbar, und in Folge dieses Fehlers und der ihm zu Grunde liegenden auf nur wenige Mark gerichteten kleinlichen Sparsamkeit in der Fabrikation misslangen oft Versuche, nachdem sie bereits den hundertfachen Betrag jener Ersparniss an Auslagen gekostet hatten.

Abgesehen davon, dass aber auch gewöhnlich die Einwirkung des Regulators auf die Steuerung, — d. h. die Beziehung zwischen Stand der Schwungkugeln und Füllungsgrad nicht justirt war; bestand der Hauptfehler der meisten Regulatoren, unserer Ansicht nach, in ihrer zu grossen Empfindlichkeit und in ihrem zu grossen Ausschlag.

Wie uns ein Fabrikant von Regulatoren mittheilte, construirt er die seinigen für einen Ungleichförmigkeitsgrad =  $\frac{1}{50}$ . Die Schwungräder aber sind meist so klein, dass sie (bei absolut gleichförmigem Widerstande, welchen die Maschine zu überwinden hätte) einen Ungleichförmigkeitsgrad von  $\frac{1}{50}$  bis  $\frac{1}{40}$  und darüber zulassen; und daraus folgt, dass solch ein Regulator während jedes einfachen Kolbenhubes jede der äussersten Stellungen einnehmen müsste, wenn das nicht durch die Trägheit seiner eigenen Massen, zu deren Bewegung Zeit gehört, und durch den Katarakt verhindert würde.

Wird nun gar der Regulator nicht durch Zahnräder, sondern durch Riemen oder Schnur angetrieben; dann vollführen seine Kugeln Bewegungen, welche in gar keinem gesetzmässigen Zusammenhange mehr stehen mit der Winkelgeschwindigkeit der Kurbelaxe, so dass er nicht selten noch allen Dampf absperrt, kurz ehe die Maschine zum Stillstand gelangt.

Im Uebrigen mag an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, dass die meisten der von den Ausstellern gekauften und von den bekannten Regulator-Fabriken bezogenen Regulatoren ganz beispiellos schlecht gearbeitet waren.

Einer der Herren Regulator-Fabrikanten suchte sich erfolglos mit der drückenden Concurrenz zu entschuldigen.

Erfolglos, weil es ein von den Lieferanten verbreiteter Aberglaube ist, dass das Publikum billige und schlechte Waare verlange. Es bezahlt vielmehr gern die höchsten Preise für das anerkannt Beste — aber allerdings nicht für Schlechtes —; und ist zuweilen nahezu verzweifelt darüber, dass es für noch so viel Geld etwas Gutes nicht auftreiben kann.

Beweis dessen für diesen Fall waren die Klagen mancher Aussteller, dass sie ähnliche Erfahrungen wie die Commission, schon selbst in Hülle und Fülle gemacht, es mit den Regulatoren aller möglichen Lieferanten erfolglos versucht hätten, und jetzt ziemlich rathlos wären in Betreff der Zukunft, da sie selbst nicht eingerichtet seien, sich ihre Regulatoren zu bauen.

Beweis dessen war auch die elegante Ausführung der Regulatoren, welche die Aussteller selbst verfertigt hatten, — wahrscheinlich in der Meinung, dass ein verständiger Mann sich zu einem neuen eleganten Gesellschafts-Anzuge nicht einen Hut vom Trödler kauft.

Beweis dessen endlich war — allerdings manches Schlechte ausgenommen, was auf keiner Ausstellung fehlen wird, — im Grossen und Ganzen die Ausstellung selbst.

Giebt es z. B. wohl Etwas in seiner Art Vollendetes als die Deutzer Gasmotoren, und sind diese trotzdem oder gerade deshalb gesuchteste Weltmarkt-Waare?

Aber auch noch eine Reihe anderer Hindernisse erschwerte oder vereitelte manche Versuche.

Kam ein Gewitterregen, dann regnete es wohl in die Gefässe, in denen das Speisewasser gemessen oder gewogen wurde, und der Versuch war damit zu Ende; oder der gegen die Kesselmauerung geschleuderte Regen brachte dasselbe zum Reissen, und dann hörte der Kesselversuch natürlich wieder auf; oder der Regen füllte die Gräben, in denen die Dampfrohre lagen, der Dampf condensirte sich nun massenhaft in den Rohrleitungen und der betreffende Maschinen-Versuch war damit buchstäblich ins Wasser gefallen etc. etc.

Die praktischen Schwierigkeiten, mit denen die Commission zu kämpfen hatte, waren also in der That nicht gering, und sie ist sich bewusst, dass es nicht ihre Schuld war, wenn sie in einzelnen Fällen diesen Schwierigkeiten unterlag und ganze Reihen von mühsam gewonnenen Versuchsdaten streichen und auf andere Versuche verzichten musste.

Statt nun den Arbeitsplan hier abdrucken zu lassen, wie er nicht ausgeführt wurde, halten wir für besser eine Beschreibung der Versuche zu geben, wie sie wirklich statt-

fanden, — vorher aber hier anzugeben, was geplant und nicht ausgeführt und weshalb es nicht ausgeführt wurde; und was und durch welche Umstände es misslungen ist und deshalb unter den Resultaten fehlt.

Eine der wichtigsten Grössen, welche bei den Maschinenversuchen zu ermitteln waren, bildete natürlich der Dampfverbrauch pro Stunde und effective Pferdestärke.

Dieser Dampfverbrauch wurde durch Messung des Speisewassers bestimmt ganz so, wie das bei den Versuchen an Dampfkesseln beschrieben ist.

Da aber die Vornahme der Experimente pecuniär gesichert schien erst zu einer Zeit, als der Bau der Ausstellung schon weit vorgeschritten war, so dass sich ohne neue erhebliche Opfer nun an der allgemeinen Disposition nicht viel mehr ändern liess; so musste die Commission mit dem Vorgefundenen fertig zu werden suchen.

Vorhanden aber waren im Wesentlichen zwei Kesselhäuser, welche den Dampf durch unterirdische Rohrleitungen der Maschinenhalle zuführten derart, dass je eine Hälfte der Maschinenhalle von nur einem Kesselhause gespeist wurde.

Wurde daher eine Maschine geprüft, so mussten alle anderen Maschinen derselben Hälfte während der Zeit ruhen und man suchte natürlich eine möglichst directe Verbindung zwischen der Maschine und dem Dampf erzeugenden Kessel (zuweilen mehren) herzustellen, indem man möglichst alle unnützen Seitenleitungen durch Blindflantsche sorgfältig abschloss.

Dann blieb aber immer noch der Uebelstand bestehen, dass die verschiedenen Maschinen durch Dampfleitungen von sehr ungleicher Länge gespeist wurden, und dass die Dampfleitung für fast alle Maschinen zu weit war, welcher letzterer Fehler natürlich am ungünstigsten einwirkte auf die kleinsten und am wenigsten ungünstig auf die grossen Maschinen.

Die Commission hatte geplant, diesem Uebelstand dadurch zu begegnen, dass das in den Röhren condensirte Wasser abgezapt und dem Kessel wieder zugeführt werde.

Allein Niemand konnte sich genau Rechenschaft geben, ob die Rohrleitungen überall genau horizontal lagen oder nach welcher Seite sie Fall hatten; und deshalb war zu vermuthen, dass in der Rohrleitung mehr als ein unabsichtlicher grosser Wassersack vorhanden sei, welcher das condensirte Wasser zurückhalten und dadurch jeden Erfolg vereiteln würde.

Dazu kam, dass absichtlich angeordnete Wassersäcke und Condensationstöpfen an den wirklich tiefsten Punkten der Rohrleitung nicht vorhanden waren, so dass die Commission Nichts weiter thun konnte, als für jeden einzelnen Versuch die Rohrleitung an der Stelle anbohren zu lassen, an welcher sie am meisten Condensations-Wasser zu erhalten vermuthete, und dort einen einfachen, von Hand regulirbaren Abzapfhahn anzubringen.

Dieser lieferte denn auch in vielen Fällen reichlich Wasser, so lange die Maschine stand; dagegen sehr viel weniger, sobald sie ging; und daraus war zu schliessen, dass im Betriebe das Condensations-Wasser mit in den Cylinder gerissen werde, — eine Folge des Fehlens eines tieferen Wassersackes.

Aus alle dem geht wohl hervor, und die Commission gestand sich das von vornherein, dass die Messung des verbrauchten Dampfes an der gegebenen Anlage kein brauchbares Resultat liefern werde, und wenn man dennoch den Versuch dazu an jeder Maschine durchführte, so geschah das nur, um das irgend Mögliche wenigstens zu versuchen.

Der Erfolg entsprach vollständig den Erwartungen: alle Maschinen, welche nicht mit dem Kessel durch eine nicht zu lange und zu weite Rohrleitung verbunden waren, consumirten ganz unmögliche Mengen Dampf, und zwar zwischen 13,488 und 41,205 Kilogramm pro Stunde und effective Pferdestärke.

Da diese Resultate angesichts der oft untadelhaften Diagramme und des hohen maschinellen Wirkungsgrades durchaus nicht möglich sind, so beschloss die Commission von ihrer Veröffentlichung ganz abzusehen — hauptsächlich, damit nicht übelwollende Concurrenz aus solchen Zahlen Capital schlage zum Nachtheil der Aussteller.

Da in der Neuzeit neue Regulatoren wie Pilze aus der Erde wachsen, und da bekanntlich der eine von ihnen immer noch viel besser ist als der andere, und da selbstverständlich Zweck aller Regulatoren die Erzeugung eines grossen Gleichförmigkeitsgrades der Maschine ist; so beschloss die Commission möglichst genau festzustellen, wie weit man denn eigentlich in der Erreichung des letzteren Zieles gelangt sei.

Den Ungleichförmigkeitsgrad während des Bremsens festzustellen, hielt die Commission für überflüssig in der Meinung, dass der Bremswiderstand so gleichmässig sei, dass er keines Re-

gulators bedürfe; dass die Aufgabe eines guten Regulators vielmehr darin bestehe, die Geschwindigkeit der Maschine annähernd constant zu halten auch bei einer bedeutenden Veränderung des Widerstandes, wie solche in der Praxis nicht selten eintritt.

Um aber in dieser Richtung alle Maschinen mit gleichem Maasse zu messen, wurde beschlossen, dem Experiment den, ebenfalls häufig in der Praxis vorkommenden Fall zu Grunde zu legen, in welchem die Maschine (durch Abfall des Riemens, Bruch eines Transmissions-Elementes, Platzen eines Pumpenrohres bei Dampfpumpen etc. etc.) plötzlich von aller Arbeit entlastet wird.

Zu dem Ende wurde jeder Bremszaun mit einer Ausrückvorrichtung versehen, durch welche man im Stande ist, Bremsdruck und Bremsreibung plötzlich aufzuheben; und nachdem letzteres geschehen, sollten am Tachometer Maxima und Minima der Umdrehungen der Kurbelaxe abgelesen werden.

Oben aber ist schon mitgetheilt, dass alle Regulatoren schon während des Bremsens sich nicht bewährten. Wenn die Maschinen schon während desselben einen Ungleichförmigkeitsgrad  $= \frac{1}{2}$  und darüber zeigen, oder wenn man Mühe hat, die Maschine während des Bremsens überhaupt nur im Gang zu erhalten, dann ist ein Experiment wie das oben beschriebene offenbar unnütz, und es wurde aus diesem Grunde überall unterlassen.

In noch grösserem Maasse als die Regulatoren vermehren sich aber bekanntlich die Steuerungen; und seitdem man das Wort „Präcisionssteuerungen“ adoptirt hat, legt man einen hohen Werth auf möglichst raschen Abschluss der Dampf-Einlass-Vorrichtung.

Bekanntlich lässt sich derselbe graphisch darstellen mittelst des Indicators durch ein Diagramm, welches man wohl ein „combinirtes“ genannt hat, und welches, da schon viele andere combinirte Diagramme existiren, und man alle möglichen Dinge „combiniren“ kann, besser ein „Schieberweg-Kolbenweg“- oder „Ventilweg-Kolbenweg“-Diagramm genannt wird.

Die Commission beschloss also „wo möglich“ auch solche Diagramme aufzunehmen.

Angesichts der Schwierigkeiten aber, welche sich auf Schritt und Schritt allen Arbeiten entgegenstellten, verging selbst den Eifrigsten die Lust dazu, und die Sache unterblieb.

### III. Instrumente und Apparate und das Verfahren mit denselben an Maschinen.

In Folgendem sollen die benutzten Instrumente und Apparate, und das Verfahren mit denselben beschrieben werden.

#### a. Die Bremszäune.

Um den Nutzeffect der Transmissions-Dampfmaschinen zu ermitteln, bediente sich die Commission der bekannten Bremszäune; und zwar hielt sie nöthig davon 2 Stück anfertigen zu lassen, von denen der kleinere an Maschinen bis zu 30 Pferdestärken und der grössere an solchen von 30—100 Pferden angewandt werden sollte.

Da keinem der Mitglieder der Commission ausreichende Erfahrungen zur Seite standen, wie gross man Durchmesser und Breite, oder kurz die Umfläche einer Bremscheibe bei einer gewissen Pferdestärke der Maschine nehmen müsse, damit diese Fläche, ohne selbst eine zu hohe Temperatur anzunehmen im Stande sei, die entwickelte Wärme mit Sicherheit (an die Kühlflüssigkeit) abzuführen; so wandte sich der Vorsitzende der Commission an Herrn Professor Radinger in Wien mit der Bitte, durch Mittheilungen aus seinem reichen Schatz an Erfahrungen auf diesem Gebiete auszuhelfen.

Herr Professor Radinger entsprach dieser Bitte bereitwilligst und ausführlich\*) — wofür ihm noch an dieser Stelle der freudigste und ergebnste Dank der Commission dargebracht sein mag — und nach seinen Angaben und Skizzen construirte sodann Herr Geisler die beiden Bremszäune, wie sie durch die Figuren 1—5, Tafel 11 dargestellt und durch die Firma Eulenburg & Moecke in Mülheim a. Rhein ausgeführt sind.

Die Bremscheiben wurden, um sie leicht auf den Kurbelaxen montiren zu können, zweitheilig hergestellt, und zwar durch Zersprengen des Kranzes, damit durch die Zertheilung die Continuität der cylindrischen Mantelfläche möglichst wenig leide.

Die schwach conisch ausgebohrte Nabe der Scheibe erhielt ihren Sitz auf einer gusseisernen Nuss, welche jeder Aussteller

\*) Radinger rechnet:  $Db = \frac{N}{C}$ ; worin D und b Durchmesser u. Breite der Bremscheiben in Metern bedeuten, N die Anzahl der Pferdestärken und C eine Erfahrungszahl ist; und zwar setzt Radinger: C = 300 für Wasserkühlung und C = 70 für Luftkühlung.

nach den ihm von der Commission gelieferten Maassen und Chablons herzustellen und auf seiner Kurbelaxe anzubringen hatte.

Die Bremsklötze bestanden aus Eichenholz, welches mit seiner Hirnseite die Scheibe berührte.

Der Bremshebel drückte mit einem an ihm befestigten Stifte, dessen unteres Ende mit dem Mittelpunkte der Axe in einer Horizontalen lag, auf die Brücke einer Decimalwaage, und zwar brachte man Stift-Ende und Axe dadurch in eine Horizontale, dass man ersteres unterklotzte oder unterbauete, und das Gewicht der dazu verwandten Dinge ist in Tabelle 1, Spalte 14 angegeben.

Diese Brückenwaage sowohl, wie auch diejenigen, deren wir uns zum Abwiegen des Speisewassers bei den Kessel-Versuchen bedienten, war unentgeltlich gestellt von der Firma Pellenz & Comp. in Ehrenfeld bei Cöln; und die Commission fühlt sich verpflichtet, hier diese Gefälligkeit nicht nur dankend anzuerkennen, sondern auch die Solidität, Zuverlässigkeit und grosse Empfindlichkeit dieser Waagen zu rühmen und demgemäss die Fabrikate dieser Firma bestens zu empfehlen.

Was z. B. die Empfindlichkeit der grossen, an den Kesseln gebrauchten Waage betrifft, so schlugen deren Zungen merklich aus unter einem Uebergewicht von 10 Gramm bei einer Last von 1800 k auf der Brücke.

Die an den Bremshebeln angebrachten Katarakte wurden nicht benutzt, ausser vorübergehend bei dem ersten Versuch; denn wir fanden, dass unter den gegebenen Verhältnissen zu schwierig sei, den Katarakt so aufzustellen, dass er zu keinen Klemmungen und Reibungen Veranlassung gab und doch seinen Zweck erfüllte, und dass im Uebrigen die Spitzen von Daumen und Zeigefinger, welche ab und zu die spielende Zunge der Brückenwaage berührten und beruhigten, wenn sie zu wild wurde, der beste Katarakt sei.

In den längeren Zwischenpausen zwischen diesen Beruhigungen wurden die Schläge des Hebels der Brückenwaage gegen die obere und untere Arretirung genügend gemildert durch dünne Gummischmüre.

Gleich bei den ersten Versuchen, welche aus andern Gründen misslangen, stellte sich heraus, dass die Wirkung der Bremszäune noch viel zu wünschen übrig liess.

Erstens nämlich war schwer, das Kühlwasser in so reichlicher Menge allen reibenden Flächen zuzuführen, dass die Scheibe nicht zu heiss wurde.

Das zu erreichen, wurden die schlangenförmig eingearbeiteten Schmiernuthen in den Bremsklötzen nachträglich recht breit und tief eingehauen, und wurde das Kühlwasser nicht nur in das obere Loch geleitet, welches zu jenen Schmiernuthen führte; sondern auch noch durch Gummischläuche den beiden Stellen der Bremscheibe zugeführt, welche zwischen den Bremsklötzen der oberen Backe und des unteren Bandes und also zugänglich erschienen.

Als Kühlwasser wurde zuerst Seifenwasser, bald aber nur noch reines Wasser benutzt, da dieses sich besser zu bewähren schien; und um einen möglichst gleichmässigen Wasserzufluss und in Folge dessen eine möglichst constante Temperatur und Grösse der Bremscheibe und einen möglichst constanten Reibungswiderstand zu erzeugen, ging Herr Schnelle, welcher sich hauptsächlich durch Beaufsichtigung der Bremse verdient machte, so weit, dass er durch fortwährendes langsames Zugiessen einzelner Kannen Wasser in das Fass, aus welchem das Kühlwasser der Bremse zuffloss, den Wasserstand in ersterem möglichst constant erhielt.

Trotz all dieser Sorgfalt aber wurde der Bremswiderstand erst dann befriedigend constant, als wir nachträglich die Gummifedern  $f f$ , am Zugbolzen des Bremsbandes angebracht hatten, welche von Herrn Professor Rodinger von vornherein empfohlen, in Folge eines Versehens aber fortgelassen waren.

Zur Hauptbedienung der Bremse wurde das Handrad ihrer Mikrometerschraube stets in Händen gehalten von einem Arbeiter, welcher den Auftrag hatte, unausgesetzt die spielende Zunge der Decimalwaage im Auge zu behalten, und durch rechts oder links Drehen des Handrades sie wieder in Balance zu bringen, sobald sie sich zu weit und zu dauernd aus ihrer Mittellage entfernte.

Da der Mann während der ganzen Versuchszeit an allen Maschinen denselben Posten einnahm, — ein Princip, welches auch bei den übrigen Posten möglichst durchgeführt wurde — so erlangte er bald eine gewisse Fertigkeit in Ausübung seines Amtes, welche ihn befähigte, bei den ruhiger gehenden Maschinen das Gleichgewicht des Waagebalkens ohne alle andere Hülfe vier Stunden lang zu erhalten.

An den unruhigeren Maschinen halfen freilich weder Geschicklichkeit noch Sorgfalt; sie blieben oft auf dem todten Punkte stehen, und mussten dann vermittelst des Bremshebels über den-

selben gebracht werden; worauf man die Bremse löste, die Maschine wieder anliess und den Versuch von Neuem begann.

Erwähnenswerth scheinen uns folgende Experimente: Einer der Aussteller, Herr Wortmann, welcher sehr unzufrieden war mit dem Gang seiner Maschine unter der Bremse, schob auch alle Schuld auf diese, und erbot sich direct mit einem trockenen Holzkeil, den er zwischen Schwungrad und Fussboden treiben wolle, die Maschine bis zur Normalleistung — von welcher wir uns durch Indicator-Diagramme überzeugen konnten — zu bremsen und einen ruhigen Gang herzustellen.

Das Experiment gelang über Erwarten.

In Folge dessen zogen wir nun wieder die Bremse an, aber ohne sie mit Wasser zu kühlen — und jetzt arbeitete die Maschine auch ruhig.

Wurde dann plötzlich Wasser zugeführt, so ging, in Folge der plötzlich stark verminderten Reibung die Maschine zunächst durch, und arbeitete erst wieder mit normaler Füllung, nachdem die Bremse erheblich stärker angezogen war, — dann aber wieder sehr unruhig; und so oft wir die Methode wechselten: stets erhielten wir einen ruhigen Gang ohne und einen unruhigen Gang bei Wasserkühlung.

Als wir Tags darauf mit einem andern, dem grossen Bremszaun arbeiteten und trotz aller Mühe einen erträglichen Beharrungszustand nicht herstellen konnten, wollten wir uns die Erfahrungen des vorigen Tages zu Nutze machen, und stellten schliesslich den Wasserzufluss ab.

Jetzt aber gerieth die ganze Maschine in eine solche Unruhe, und der Bremszaun machte solch wilde Bewegungen und verursachte ein solches Getöse, dass wir fürchten mussten, er werde zersprengt und in den uns umlagernden Menschenhaufen geschleudert werden, und dass wir daher schleunigst zur Wasserkühlung zurückkehrten.

Die Ursache der so grossen Verschiedenheit der Resultate unter scheinbar fast denselben gegebenen Verhältnissen wagen wir nicht anzugeben.

Sicher ist, dass die Bremsklötze der kleinen Bremse in Folge längeren Gebrauches stärker durchfeuchtet waren, als die der grossen; und möglich ist, dass das aus den ersteren in Folge des beim Bremsen reichlicher ausschwitzenden Wassers die Verschiedenheit in den Erscheinungen bedingt hat.

Der Druck, den das Eigenwicht des Bremszaunes auf die Brücke der Decimalwaage hervorbrachte, wurde abgewogen.

Zu dem Ende wurde der Bremszaun über der Bremscheibe zusammenschraubt und letztere mit ihrer Bohrung auf ein Stück Rundeisen oder (in einem andern Falle) auf eine Schneide gelegt und auf ihr so lange verschoben, bis sorgfältige Messungen die Gewissheit verschafften, dass Schneide und geometrische Axe der Bremscheibe in der nämlichen verticalen Ebene lagen.

Nachdem nun die Belastung der Brückenwaage notirt war, wurde die Bremse gelöst, die Bremscheibe in derselben um  $180^\circ$  gedreht, die Bremse wieder angezogen und nochmals abgewogen; und endlich wurde aus den beiden so erhaltenen Zahlen das arithmetische Mittel genommen und zur Berechnung benutzt.

Da die gegebenen Verhältnisse nicht gestatteten, diese Operation tagtäglich unmittelbar nach jedem Versuch vorzunehmen, so wurden die zur Berechnung der Tabelle 1 dienenden Zahlen dieser Art definitiv ermittelt ein für alle Mal am Schluss der betreffenden Versuchsreihe; und hier muss erwähnt werden, dass in Folge dessen kleine Ungenauigkeiten sich in die Berechnung eingeschlichen haben können; denn Niemand kann verbürgen, dass an den verschiedenen Tagen der Feuchtigkeitsgehalt und das davon abhängige Gewicht der Bremszäune das nämliche war.

## b. Die Indicatoren.

Der Commission waren von den renommirten Fabriken von Armaturen etc. erstens von Schäffer & Budenberg in Buckau-Magdeburg, und zweitens von Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover je sieben Indicatoren unentgeltlich und je ein mit der Construction und Behandlung der Instrumente vertrauter Mann zur Verfügung gestellt, wofür diesen Firmen auch hier der gebührende Dank der Commission abgestattet sein mag.

Obwohl innerhalb der Commission sich sehr bewährte und geübte Indicatoren befanden, so acceptirte erstere den offerirten Mann doch um so lieber, als sie sich dadurch gegen den Vorwurf glaubte schützen zu können, einen der Indicatoren von verschiedener Construction falsch behandelt zu haben.

Ausserdem konnten durch diese Disposition die mit Indiciren beauftragten zwei Commissionsmitglieder, die Herren Demeure



und Schroiff, von Arbeiten entlastet werden, die man von ihnen nicht hätte beanspruchen dürfen: wie das täglich sich wiederholende Anbringen, Abnehmen und Reinigen der Indicatoren etc., und endlich erwies sich die so gewonnene Hülfe sehr nothwendig an einigen Tagen, an denen man mit sehr vielen Indicatoren (in einem Fall mit zehn) zu gleicher Zeit arbeitete, weil der Massenproduction von Diagrammen zwei Personen durchaus nicht gewachsen waren.

Die Indicatoren von Schäffer & Budenberg waren sämmtlich mit Ellipsenlenker versehen (System Thompson); unter denen von Dreyer, Rosenkranz & Droop dagegen befanden sich eine Anzahl ebenfalls mit Ellipsenlenker (resp. Evan'schen Lenker), ferner ein Original-Thompson und endlich einige Richard'sche Indicatoren (mit Lemniscatenlenker).

Schon bei den Vorversuchen in der Maschinenfabrik der Herren Gebr. Meer in M.-Gladbach hatte sich die Commission entschieden, möglichst nur Indicatoren mit Ellipsenlenker anzuwenden, und die eigentliche Versuchszeit, in welcher hin und wieder auch noch ein Richard'scher Indicator benutzt werden musste, rechtfertigte diesen Beschluss durchaus.

Der Lemniscatenlenker nämlich, wie er am Richard'schen Indicator vorkommt, enthält im Vergleich zum Ellipsenlenker eine viel grössere Masse gerade dort, wo der grösste Weg zurückgelegt wird (in der Nähe des Schreibstiftes), nimmt also eine viel grössere lebendige Kraft in sich auf und macht das Bild unruhiger (d. h. wellenförmiger) als dieser.

Das zeigt sich namentlich an rasch gehenden Maschinen, d. h. an solchen mit vielen Hubwechseln in einem so hohen Grade, dass ein Ingenieur, welcher einmal mit einem guten Indicator nach Thompson's oder einem verwandten System gearbeitet hat, gewiss keinen Richard'schen mehr anwenden wird.

Die Hubreductions-Rolle war bei allen Indicatoren ohne Ausnahme am Indicator selbst (unter dem Papiercylinder) und zwar so angebracht, dass die Schmur sich nach jeder gewünschten Richtung zum Mitnehmer ableiten liess.

Diese Methode wurde bei den Vorversuchen für viel praktischer gefunden, als die Anwendung für sich montirter Hubverminderungsrollen (System Stanek), — man denke sich nur einmal in die Nothwendigkeit versetzt, an einer einzigen Maschine ausser zehn Indicatoren auch noch zehn Stanek's anbringen zu müssen!

Auch andere kleine, aber für die bequeme Handhabung sehr wesentliche Verbesserungen, welche die Commission auf den Rath ihrer mit Indiciren vertrauten Mitglieder empfohlen hatte, waren von beiden Firmen mit der grössten Bereitwilligkeit getroffen worden, und auf diese Weise waren wirklich sehr brauchbare und die zur Zeit vielleicht vollkommensten Instrumente geschaffen.

Eine Controlle der Federn und Maassstäbe gegen einander wurde nicht vorgenommen, weil man glaubte, in der Vergleichung der Diagramme von verschiedenen Instrumenten, welche obendrein aus verschiedenen concurrirenden Fabriken stammen, das Mittel zu besitzen, etwaige Fehler aufzufinden.

Zu dem Ende wurde (im Allgemeinen — denn streng liess es sich nicht durchführen, und den Wünschen der Aussteller wurde auch Rechnung getragen) das System befolgt, an den beiden Enden jedes Cylinders Indicatoren aus verschiedenen Fabriken anzubringen und diese auch gelegentlich gegen einander oder gegen andere umzutauschen.

Die Diagramme, welche man auf solche Weise unter denselben Betriebsverhältnissen und von der nämlichen Cylinder-Seite, aber von verschiedenen Instrumenten erhielt, stimmten nun im Wesentlichen so gut mit einander überein, dass dadurch die richtige Justirung der Federn documentirt wurde.

In einzelnen Fällen freilich fand man Schwierigkeiten, richtige Diagramme zu erhalten.

So z. B. auf der einen Seite des Windcylinders der Gebläsemaschine von Gebr. Klein.

Dort lieferte der Indicator beharrlich Diagramme, welche während der Saugperiode Ueberdruck statt Luftverdünnung anzeigten, und wir wären Anfangs geneigt gewesen, anzunehmen, dass dieser Ueberdruck vorhanden sei und durch Undichtheiten der Druckklappen etc. erzeugt wäre; hätte uns nicht das richtige Spiel der Saugklappen von dem Vorhandensein eines Vacuums überzeugt.

Schliesslich gelang es Herrn Demeure durch höchst sorgfältiges Anstellen des Schreibstiftes auch hier ein richtiges Diagramm zu erhalten; und Herr Demeure erklärte, dass seiner Ansicht nach bei dem schwachen Winddruck (und der deshalb natürlich

auch schwachen Feder) die vorhin zu grosse Reibung des Schreibstiftes auf dem Papier genügt habe, um ein Herabgehen des Stiftes bis zur richtigen Höhe zu verhindern; und dass diese starke Reibung, wenn der Stift nicht ganz sorgfältig angestellt sei, an dem betreffenden Indicator auftreten müsse, weil zufällig der Schreibarm etwas stark ausgefallen sei, und deshalb weniger federe als man wünschen müsse.

Man wechselte den Indicator aus gegen einen solchen mit leichterem Schreibarm und erhielt nun anstandslos auch hier gute Diagramme.

Diesen Zwischenfall ausgenommen, hatte man nur noch Schwierigkeiten bei der Entnahme der Pumpendiagramme der Isselburger Hütte.

Die Pumpen sollten 20 Atmosphären Druck erzeugen, und unsere Herrrn Indiceten hatten, durch Erfahrung gewitzigt, und um ganz sicher zu gehen, Federn für 60 Atmosphären in die Instrumente eingesetzt.

Trotzdem wurden die Indicatoren zerstört (die Lenkstangen etc. verbogen), weil die Federn dem Druck nicht widerstehen konnten; und zwar ehe nach Angabe des zuverlässigen Manometers im Windkessel ein Druck von 20 Atmosphären vorhanden war.

Die Ursache dieser Erscheinung wurde von einigen Mitgliedern der Commission in der zu grossen Länge des Verbindungsrohres zwischen Pumpcylinder und Indicator, und also in der grossen lebendigen Kraft der in ihr enthaltenen Wassersäule, von andern in der Form eines in diese Leitung eingeschalteten Verbindungsstückes, welches möglicher Weise eine Luftblase beherbergen konnte, und von noch anderen in dem Umstande gesucht, dass an den patentirten Ventilen (wie ein nach dem misslungenen Versuch sofort vorgenommenes Oeffnen des Ventilkastens ergab) gerade das nicht vorhanden war, was das patentirte Princip realisiren sollte. (Radiale Nuthen, s. Abschnitt IV., k.)

Man veränderte nun die Anordnung dahin, dass eine Luftblase nicht mehr möglich und jeder Indicator thunlichst nahe an den Pumpcylinder gerückt war, krenzte in die Ventile die radialen Nuthen ein und erhielt hinfort tadellose Diagramme.

### c. Andere Instrumente.

Von den übrigen Instrumenten: Manometer, Vacuummeter, Hubzähler und Tachometer, (letzterer ein hydraulischer,) ist Bemerkenswerthes nicht zu berichten.

## IV. Beschreibung der Maschinen und der Versuche, welche an ihnen vorgenommen wurden.

- a. Katalog Nr. 387, Adolph von der Becke in Sundwig bei Iserlohn. Liegende Transmissions-Dampfmaschine mit Dampfmanter und mit Condensation, s. Fig. 7—11, Tafel 8. 300 mm Cylinderdurchmesser, 600 mm Hub.

Die Steuerung ist die bekannte Meyer'sche Expansionschieber-Steuerung mit grossem todten Gewindegang\*). Dem ganzen Ausschlage des Regulators entspricht eine Drehung der Expansionschieberstange um ungef. 60°, und durch diese wird eine Veränderung der Cylinderfüllung von 0,05 bis 0,70 bewirkt. Gebörhte Schlittenbahnen an einem schwebenden Bayonnetrahmen. Das Kurbellager ist eintheilig und zeigt den Fortschritt, dass die Seitenbacken angezogen werden durch Stellvorrichtungen, welche unabhängig sind vom Lagerdeckel.

Cylinder und Schieberkasten sind zu einem Stück gegossen und die Unterkante der Dampfcanäle liegt so tief, dass alles Wasser aus dem Cylinder durch dieselben abfliessen kann.

Condensator und Dampfzylinder sind auf einer gemeinschaftlichen Fundamentplatte befestigt.

In die Rohrleitung sind zwei Ventile eingeschaltet, so dass der Condensator während des Ganges der Maschine an- und abgesetzt werden kann.

Nach Angabe des Ausstellers wiegen: der Dampfkolben 25 k; die Dampfkolben-Stange 15,5 k; der Luftpumpenkolben 9 k; die Luftpumpenkolbenstange 10 k; der Kreuzkopf mit Zapfen 52 k; die Flügelstange 45 k und das Schwungrad 1750 k.

Diese Maschine war die erste, welche untersucht wurde.

Die zu dieser Maschine gehörenden Indicator-Diagramme sind dargestellt in den Fig. 5 und 6, Tafel 8.

\*) S. des Herausgebers „Dampfmaschinen-Constructeur“, S. 116.

b. Katalog Nr. 522, **Union**, Maschinenbau-Actien-Gesellschaft in Essen a. d. R., Tafel 5, Fig. 5, 6 und 7. Liegende Transmissions-Dampfmaschine mit Dampfmantel, ohne Condensation.  $D = 300 \text{ mm}$ ;  $s = 700 \text{ mm}$ .

Ventilsteuerung durch Ausweicher und wiederkehrenden Verdränger\*), wie sie im Wesentlichen zuerst von Sulzer gebaut wurde.

An dieser Steuerung aber ist ein bemerkenswerther Fortschritt erkennbar, welcher darin besteht, dass die auf einander arbeitenden Flächen von Ausweicher und Verdränger Ebenen sind, welche ineinander fallen, solange beide Theile einander berühren.

Daraus folgt, dass Ausweicher und Verdränger sich nur in einer Fläche (und nicht wie bei älteren Steuerungen dieser Art nur in einer Linie — resp. schmalen Zone) berühren können, und dass aus diesem Grunde im Allgemeinen der Flächendruck und der Verschleiss hier kleiner sein werden.

Erreicht ist der Vortheil auf folgende Weise: (s. Fig. 6., Tafel 5.) Der Ausweicher befindet sich an einem Hebel und die arbeitende Ebene des ersteren geht durch die geometrische Drehungsaxe O des letztern.

Der von einem Excentrik bewegte Verdränger dagegen befindet sich auf einer kleinen Stange, welche sich von einer Flügelstange nur dadurch unterscheidet, dass sie sich in dem (seinen Ort nicht verändernden) Kreuzkopf verschiebt.

Der letztere ist drehbar auf der Drehungsaxe O des Hebels vom Ausweicher angebracht, derart, dass die geometrische Axe der (im Uebrigen verkröpften) kleinen Flügelstange stets durch jene Drehungsaxe O geht; und da in der geometrischen Axe der kleinen Flügelstange die arbeitende Ebene des Verdrängers liegt, so ist auch sie stets radial zu O gerichtet.

Das Bett bildet einen schwebenden Trog. Auf diesen ist die Supportführung für den Kreuzkopf aufgeschraubt.

Die Maschine ist eine der wenigen, an denen der Regulator verhältnissmässig ruhig arbeitete, in Folge dessen die Handhabung der Bremse leicht war.

Die zu diesen Maschinen gehörenden Indicator-Diagramme sind dargestellt in den Fig. 6—9, Tafel 7.

c. Katalog No. 536. **Ernst Wortmann**, Ingenieur in Ruhrort. Liegende Transmissions-Dampfmaschine ohne Dampfmantel und ohne Condensation.  $D = 260 \text{ mm}$ ;  $s = 500 \text{ mm}$ .

Die innere Steuerung besteht aus einem gewöhnlichen Vertheilungsschieber und einem darauf gleitenden Expansionsschieber.

Die Füllung wird verändert durch Aenderung des Hubes der Expansionsschieberstange, und diese wird dadurch bewirkt, dass an den Kreuzkopf der letzteren noch eine Schieberflügelstange angekuppelt ist. Letztere und die Expansionsexcenter-Stange tragen jede einen Coulissenstein, und diese beiden Steine bewegen sich durch den Regulator in den Schlitten einer Doppelcoulisse, welche um ihren untersten Punkt schwingt, derart, dass der eine Stein aufwärts wandert, wenn der andere niedergeht.

Auf eine bildliche Darstellung der Steuerung musste verzichtet werden, da der Herr Aussteller eine genügend deutliche Zeichnung von ihr nicht einsandte.

Während des Versuches arbeiteten (wie bereits sub III, a, mitgetheilt) Regulator und Steuerung sehr unregelmässig, und letztere schien bedeutend auf ersteren zurück zu wirken.

Hierbei darf jedoch nicht verschwiegen werden, dass, um den Bremszaun anbringen zu können, das eine der beiden vorhandenen Schwungräder entfernt werden musste; und dass hierdurch selbstverständlich die Gleichförmigkeit des Betriebes erheblich verringert wurde.

Nach Angabe des Ausstellers wogen: der Kolben 29,55 k; die Kolbenstange 12,75 k; der Kreuzkopf nebst Zapfen 25,9 k; die Flügelstange 41,65 k; die beiden Schwungräder zusammen 2230 k und die gekröpfte Kurbelaxe 183 k.

Die zu dieser Maschine gehörenden Indicator-Diagramme sind dargestellt in den Figuren 15 und 16, Tafel 11.

d. Katalog No. 453. **Humboldt**, Maschinenbau-Actien-Gesellschaft in Kalk bei Cöln. Liegende Transmissions-Dampfmaschine mit Dampfmantel ohne Condensation. S. Tafel 6, Fig. 1—5.  $D = 470 \text{ mm}$ ;  $s = 1000 \text{ mm}$ .

Die Steuerung ist die bekannte Zimmermann'sche Ventilsteuerung (mit Ausweicher und rückkehrendem Verdränger\*\*).

Nach Angabe des Ausstellers wiegen: der Kolben 127 k; die Kolbenstange 105 k; der Kreuzkopf mit Zapfen 164 k; die Flügelstange 196 k und das Schwungrad 4400 k.

Die zu dieser Maschine gehörenden Indicator-Diagramme sind dargestellt auf derselben Tafel (in den Fig. 6 und 7).

e. Katalog No. 416. **Duisburger Maschinenbau-Actien-Gesellschaft**, vorm. Bechem & Keetmann in Duisburg. Liegende Transmissions-Dampfmaschine mit Dampfmantel, ohne Condensation. S. Fig. 3, 4 und 5, Tafel 7.  $D = 450 \text{ mm}$ ;  $s = 700 \text{ mm}$ .

Die Steuerung ist die bekannte Collmann'sche. (Steuerung jedes Einlass-Ventils durch eine Coulisse.\*)

Von der ursprünglichen Collmann-Steuerung unterscheidet sich diese im Wesen nur dadurch, dass der Kniehebel nicht unmittelbar, sondern vermittelt zweier Hebel  $h_1$  und  $h_2$  (s. Fig. 3, Tafel 7) die Ventilstangen angreift.

Die Flanken dieser beiden Hebel arbeiten auf einander genau wie die Flanken zweier Zähne eines Zahnradgetriebes; und folglich ist der Constructeur im Stande, durch geeignete Formen dieser Flanken die Bewegung der Ventilstangen nach einem beliebigen Gesetz zu erzwingen.

Das Gesetz nun, welches ihm vorschwebte, ist: sanftes Anheben und Niederlassen der Ventile bei doch grosser mittlerer Geschwindigkeit der Ventilbewegung.

Nach Angabe des Ausstellers wiegen: der Dampfkolben 114 k; die Kolbenstange 97 k; der Kreuzkopf 93 k; der Kreuzkopfbzapfen 12 k; die Flügelstange 122 k; das Schwungrad 2973 k (bei einem Durchmesser = 3200 mm); die (beim Bremsen entfernte) Transmissionsriemscheibe = 570 k (bei einem Durchmesser = 1600 mm); die Kurbelscheibe 566 k; die Kurbelaxe 416 k.

Die 5 m langen Dampfzufflussröhren hatten nur 100 mm Durchmesser statt der projectirten 125 mm; und die 20 m langen Dampf-abflussröhren nur 144 mm Durchmesser statt der projectirten 160 mm.

Diese zu engen Röhren waren vom Aussteller angebracht nur um die Maschine endlich betriebsfähig hinzustellen, nachdem die richtigen Röhren auf der Ausstellung abhanden gekommen waren.

Bei Beurtheilung der Diagramme dieser Maschinen, Fig. 1 und 2, Tafel 7, muss diesem Umstande Rechnung getragen werden.

f. Katalog No. 435, **Gutehoffnungshütte**, Actien-Verein für Bergbau und Hüttenbetrieb in Oberhausen II. Liegende Compound-Receiver-Transmissions-Dampfmaschine. Fig. 1 und 2, Tafel 4.

Beide Cylinder werden nicht geheizt; vielmehr befindet sich der kleine Cylinder innerhalb des Receivers und der grosse ist überhaupt nicht von Dampf umspült.  $D_1 = 400 \text{ mm}$ ;  $D_2 = 680 \text{ mm}$ ;  $s_1 = s_2 = 850 \text{ mm}$ .

Die Steuerung beider Cylinder ist im Wesentlichen die nämliche; nur wird selbstverständlich nur die Füllung des kleinen Cylinders vom Regulator beeinflusst, die des grossen dagegen von Hand regulirt (resp. jüstirt nach dem Indicator).

Die innere Steuerung besteht aus einem gewöhnlichen (getheilten) Vertheilungsschieber, auf dessen Rücken zwei Expansions-Schieberplatten liegen, und diese werden nach dem Präcisions-Princip, und zwar durch „Mitnehmer, Mitgänger und Auslöser“\*\*) bewegt.

Die freie Bewegung der Expansions-Schieberplatten erfolgt durch Dampfkraft und ihre Verzögerung am Ende ihres Laufes durch Dampf-Compression — zu reguliren durch die Hähne in engen Rohrleitungen, welche die kleinen Steuercylinder mit dem Ausblaserrohr verbinden. Die eigentliche Arretirung erfolgt durch nachstellbare Stahlfeder-Buffer.

Die Verbesserung, welche in dieser Steuerung (gegenüber den anderen bekannten „Mitnehmer, Mitgänger und Auslöser-Steuerungen“) enthalten ist, besteht darin, dass auf ziemlich einfache Weise durch nur ein Excentrik jede Steuerung getrieben, und dennoch (nach Angabe der Patentschrift) alle Füllungen zwischen 0 und  $\frac{3}{4}$  ermöglicht werden.

Das wird erreicht dadurch, dass das Excentrik auf gewöhnliche Weise den Vertheilungsschieber regiert, und auf bekannte Art (z. B. Steuerung von Fr. Warnieck in Brünn\*\*\*); J. Dautzenberg in Prag etc.) die Expansionsplatten mitnimmt. Um aber ein spätes Abschneiden der Mitgänger zu ermöglichen, hat der Constructeur die Bewegung eines Punktes der Excenterstange herbeigezogen,

\*) „Dampfmaschinen-Constructeur“ S. 157.

\*\*) „Dampfmaschinen-Constructeur“ S. 165.

\*\*\*) „Dampfmaschinen-Constructeur“ S. 167.

\*) S. des Herausgebers „Dampfmaschinen-Constructeur“, S. 163.

\*\*) „Dampfmaschinen-Constructeur“ S. 164.

welche normal gerichtet ist zur Bewegung des Excenter-Kreuzkopfes; also eine Bewegung, wie sie würde verursacht werden durch ein zweites Excentrik, welches gegen das erste um  $90^\circ$  versetzt ist. Ein solcher Punkt der Excenterstange (s. Fig. 2, Tafel 4) ist  $i$  und der transmittirende (zweiarmige) Hebel  $H H$  schwingt um die feste Axe  $O$ , (auf welcher er sich mit einem Schlitz verschieben kann).

Dieser Hebel dirigirt nun die Auslöser auf und nieder und der Regulator beeinflusst die Füllung dadurch, dass er den Schwingungsmittelpunkt der Auslöser höher oder tiefer stellt.

Die zu dieser Maschine gehörenden Diagramme sind dargestellt in den Fig. 1—4, Tafel 8.

g. Katalog Nr. 474, **Robert Küchen**, Maschinenbau-Anstalt für Bergbau und Hüttenbetrieb in Bielefeld. Liegende Transmissions-Dampfmaschine ohne Dampfmantel, mit Condensation. Fig. 4—15, Tafel 9.  $D = 550,5 \text{ mm}$ ;  $s = 1096 \text{ mm}$ .

Die Steuerung der Ventile erfolgt durch unrunde Scheiben. Während man nun, um den Füllungsgrad verändern zu können, sonst bei Anwendung dieser Steuerung, für die Einlassventile ebenso viel unrunde Scheiben anwendet, als man Füllungsgrade erzielen will, diese verschiedenen unrunder Scheiben neben einander in verschiedenen Ebenen auf der Steuerwelle anordnet und sie zu einem einzigen unrunder Körper oder Steuerhöcker vereinigt und durch axiale Verschiebung dieses Höckers unter dem Steuerstift den Füllungsgrad verändert; erreicht der Constructeur hier die verschiedenen Füllungsgrade mit einer einzigen unrunder Scheibe dadurch, dass er durch den Regulator die Form derselben (ihren Umfang) verändert.

Zu dem Ende besteht (s. Fig. 8 und 9, Tafel 9) der Umfang der unrunder Scheibe aus einer gebogenen Stahlschiene  $i$ , welche mit dem Bolzen  $r$  und um ihn drehbar auf der rotirenden Scheibe  $h$  befestigt ist und durch eine Feder stets radial einwärts gedrückt wird.

Auf der dieser Scheibe gegenüber befindlichen, nicht rotirenden, dagegen durch den Regulator verdrehbaren Scheibe  $h_1$  (Fig. 10 und 11, Tafel 9) befindet sich ebenfalls eine Stahlschiene  $k$ , welche aber auf der Scheibe festsetzt und spiralförmig gebogen ist und welche, um ihre Wirkung zu zeigen, auch in Fig. 9 gezeichnet ist.

Auf der spiralförmigen Fläche von  $k$  gleitet nun die Schiene  $i$ , wie auf einer schiefen Ebene, radial auswärts, um, wenn sie das Ende von  $k$  erreicht hat, wieder radial einwärts zu schnappen.

Sobald Letzteres geschieht, erfolgt der Schluss der Einlassventile und nunmehr leuchtet ein, dass durch das Verdrehen der Scheibe  $h_1$  durch den Regulator der Füllungsgrad verändert wird.

Die Rille  $o$  in  $h$  (s. Fig. 9, Tafel 9) regiert in bekannter Weise ein Auslassventil.

Für das Interessanteste an der Maschine halten wir die Ventilconstruction, wie sie in Fig. 6, Tafel 9 dargestellt ist.

Wie man erkennt, ist das Einlassventil ein Rohrventil, das Auslassventil dagegen ein Glockenventil.

Das letztere schiebt sich beim Oeffnen von unten über das Rohrventil und dadurch wird in der That der schädliche Raum innerhalb des Ventilkastens zu einem Minimum.

Die Construction (namentlich wenn man das in diesem Fall zur Anwendung durchaus nicht erforderliche Gusseisen der Ventile und Sitze durch Bronze ersetzt und vielleicht eine noch bessere Verkuppelung des Glockenventils mit seiner Ventilstange findet) scheint uns eine wahre Musterconstruction zu sein für stehende Cylinder.

An liegenden Cylindern dagegen werden die schädlichen Räume bei seitlich am Cylinder angebrachtem Ventilkasten immer wieder dadurch beträchtlich vergrößert, dass man durch einen längeren Canal die horizontale Richtung des Schlitzes (am Ventilkasten in die verticale (am Cylinder) überführen muss (vergl. Fig. 4 und 5, Tafel 9).

Die zu dieser Maschine gehörenden Diagramme sind dargestellt in den Fig. 13 und 14, Tafel 11.

h. Katalog No. 480, **Gebr. Meer**, Maschinenfabrik in M.-Gladbach. Liegende unterirdische Wasserhaltungs-Dampf-Maschine mit Dampfmantel und Hilt'scher Condensation.  $D = 500 \text{ mm}$ ;  $s = 700 \text{ mm}$ . Plunger  $D = 120 \text{ mm}$ . Fig. 1 bis 4, Tafel 3.

Die Steuerung ist eine Meyer'sche durch den Regulator mittelst mechanischen Vorspannes regierte Expansions-Schiebersteuerung, Patent von Fr. Becker, und folgendermaassen construirt.

Die Schlitze auf dem Rücken des Vertheilungsschiebers und in dem Expansionschieber sind schräg zur Richtung der Schieberbewegung angeordnet und daraus folgt, dass man den Füllungsgrad verkleinert oder vergrößert dadurch, dass man den Expansionschieber weiter hinauf oder herab schiebt, und zwar bewegt sich die Füllung zwischen 0 und 0,8.

Diese Verschiebung erfolgt durch Drehung der Expansionschieberstange, auf welcher ein Zahnsegment befestigt ist und dieses greift ein in eine kurze dem Rücken des Expansionschiebers angegossene Zahnstange.

Um dem Schieber jede Tendenz zu nehmen, durch sein Gewicht seine Höhenlage zu verändern, ist dasselbe durch ein dem Zahnsegment angegossenes Gegengewicht ausbalancirt.

Ausserhalb des Schieberkastens befindet sich ferner auf der Expansions-Schieberstange eine Hülse  $a$ , welche einen angegossenen Schraubengang  $s$  trägt, und dieser Schraubengang berührt leicht beim Hin- und Herspielen der Stange zwei Knaggen  $k$ , welche sich auf einem Bügel  $b$  befinden, und dieser ist durch den Regulator um die geometrische Axe der Stange verdrehbar.

Diese Verdrehung durch den Regulator geschieht natürlich während die Knaggen  $k$  des Bügels  $b$  nicht im Contact sind mit dem Schraubengang  $s$  und wenn der letztere dann endlich an eine der Knaggen stösst, dann verrichtet die Kurbelaxe durch das Excentrik, und nicht der Regulator, die Arbeit der Verschiebung des Expansionschiebers.

Allerdings wirkt bei dieser Construction die Steuerung auf den Regulator zurück, ein Nachtheil, welcher sich indessen unter Beibehaltung des vortrefflichen Principis durch eine geringe Abänderung der Construction (Einführung von Selbstsperrung) beseitigen liesse.

Der an dieser Maschine angewandte Hilt'sche Condensator (s. Fig. 1—3, Tafel 9) hat das Eigenthümliche, dass er einer eigentlichen Luftpumpe entbehrt. Er ist vielmehr einfach in das Saugrohr der Wasserhaltungspumpe eingeschaltet, so dass letztere auch das warme Wasser und die Luft mit fortschafft.

Daraus folgt, dass der absolute Druck im Condensator nicht kleiner sein kann, als er in derselben Höhe des Saugrohrs zu finden ist; d. h. das Vacuum wird im Allgemeinen desto schlechter sein, je geringer; und desto besser, je grösser die Saughöhe ist.

Dadurch dass man die Luft in den Pumpencylinder saugen muss, entsteht eine Verringerung des quantitativen, und dadurch, dass man sie dann auf die volle Pressung im Steigrohr comprimiren muss, eine Minderung des qualitativen Wirkungsgrades.

Nach Angabe des Ausstellers wiegen: der Dampfkolben 161 k; die Kolbenstange 110 k; der vordere Kreuzkopf 125 k; der Nocken dazu 12,5 k; die Flügelstange 173 k; die beiden Plunger 250 k; die beiden Kreuzköpfe 145 k; die beiden Verbindungsstangen 170 k; das Schwungrad 2400 k.

Die nöthige Wasserpressung wurde durch ein in die Druckrohrleitung eingeschaltetes Sicherheitsventil erzwungen, welches mit 12 Gewichtsplatten beschwert war. Nach Beendigung des Versuches wurde es dreimal durch Abnahme von je drei Platten möglichst plötzlich entlastet, und dabei der Gang der Maschine und das Spiel des Regulators beobachtet. Die Maschine kehrte dann aus der höheren Geschwindigkeit befriedigend rasch in die normale zurück, ging dann aber durch dieselbe nach unten hindurch und so pendelte die Geschwindigkeit einige Zeit hin und her, bis sie wieder constant wurde.

Während des Versuches betrug in Graden Celsius durchschnittlich:

die Temperatur des angesaugten Wassers	= 27,0,
die Temperatur des geförderten Wassers	= 36,3,
die Temperatur der Luft	= 18,5.

Die zu dieser Maschine gehörenden Diagramme sind dargestellt in den Fig. 12—15, Tafel 10.

i. Katalog Nr. 467, **Gebr. Klein** in Dahlbruch. Stehende Zwillings-Gebläse-Compound-Receiver-Dampfmaschine mit Condensation und Dampfmanteln.

Kleiner Dampfcylinder	$D = 380 \text{ mm}$ ; $s = 700 \text{ mm}$ ,
Grosser „	$D = 600 \text{ mm}$ ; $s = 700 \text{ mm}$ ,
Gebläsecylinder	$D = 1000 \text{ mm}$ ; $s = 700 \text{ mm}$ .

Die Construction geht genügend genau aus der Zeichnung Tafel 1, Figur 1—8 hervor.

Die nöthige Windpressung wurde beim Versuch durch die Droselklappe  $D$  erzwungen — ein mangelhaftes Mittel, welches die Commission aber auf einer Ausstellung nicht durch Besseres zu ersetzen wusste, und an welches bei Beurtheilung der Winddiagramme man sich erinnern muss.

Bei der Planimetrierung der Gebläse-*Diagramme* zeigte sich, dass die *Diagramme* von links aussen (s. Tabelle 1) ein erheblich anderes Resultat ergaben, als alle anderen *Diagramme*. An dieser Stelle hatte man nämlich Schwierigkeiten mit den *Indicatoren* während des Versuches, so dass man mehr nach einander ansetzte; und dem Umstande ist offenbar zuzuschreiben, dass auf diesen *Diagrammen* ein falscher Maassstab notirt war. Da den richtigen Maassstab aufzufinden durch Probiren und Vergleichen mit den *Diagrammen* von anderen Oertern nicht gelang, so blieb Nichts übrig, als die an dieser Stelle erhaltenen *Diagramme* ganz auszuschliessen, und den Wirkungsgrad nur aus den *Wind-Diagrammen* zu bestimmen, welche man an den drei anderen Oertern erhalten hatte.

Ferner ist bei Beurtheilung der *Wind-Diagramme* noch nützlich zu wissen, dass die hängenden Ventile (wie das in der Natur der Sache liegt) sich viel später schlossen als die liegenden, und dadurch den Windeffect verringerten. Auch waren mehrere Saugklappen überhaupt undicht (liessen Wind während der ganzen Druckperiode durch), — ob ein Gleiches auch bei einigen Druckklappen der Fall war, liess sich nicht unmittelbar ermitteln.

Nach Angabe des Ausstellers wiegen: 1 Gebläsekolben 350 k; 1 Kolbenstange 105 k; der kleine Dampfkolben 85 k; Kreuzkopf und Gleitstücke desselben 67 k; Flügelstange und Zapfen dazu 95 k; — also Summa dieser Theile auf der Hochdruckseite 702 k; dieselben Theile auf der Niederdruckseite 815 k; ferner die leichte Hälfte des Schwungrades 1638 k; die schwere Hälfte 1821 k. Die zu dieser Maschine gehörenden *Diagramme* sind dargestellt in den Fig. 6—12, Taf. 11.

k. Katalog Nr. 455, *Isselburger Hütte*, Actien-Gesellschaft in *Isselburg*. Unterirdische *Zwillings-Wasserhaltungs-Dampfmaschine* mit *Condensation*, ohne *Dampfmäntel*, Fig. 1 und 2, Tafel 2; und Fig. 1—3, Tafel 10. *Dampfzylinder*  $D = 650$  mm;  $s = 1000$  mm; *Pumpenzylinder*  $D = 200$  mm;  $s = 1000$  mm.

Die Steuerung der *Einlassventile* erfolgt durch unrunde Scheiben.

Diese Maschine spottete hartnäckig aller Anstrengungen der Commission sie zu untersuchen, — zweimal weil das *Condensationswasser* ausging oder zu warm wurde, einmal, weil die *Indicatoren* zerbrachen etc.,\*) bis schliesslich, nachdem die Commission sich schon getrennt hatte, den Herren *Geisler*, *Vogt*, *Emundts* und *Kölling* gelang, einen Versuch zu Ende zu führen.

Auch dieser ist nicht tadellos verlaufen, da der *Director* der *Isselburger Hütte*, Herr *O. Fernis*, unter dem 12. October bittet, in diesem Bericht noch mit zu erwähnen, dass nach dem Versuch in jeder *Luftpumpe* sich eine eingerissene *Gummi-Ventilklappe* vorgefunden habe; und dass, wenn dieser Uebelstand nicht vorhanden gewesen wäre, das *Vacuum* besser würde ausgefallen sein, wie zwei dem Briefe beigefügte *Diagramme* darthun.

Das Interessanteste an der Maschine scheinen uns die (patentirten) *Pumpenventile* zu sein, welche durch Fig. 1, Tafel 10, dargestellt sind.

Der *Constructeur* hat sich nämlich vorgesteckt, ein *Ventil* zu construiren, welches möglichst wenig *Pressungs-Ueberdruck* zum Oeffnen bedürfe.

Dieser *Pressungs-Ueberdruck* ist unter sonst gleichen Umständen bekanntlich bei starren *Ventilen* desto grösser, je grösser das Verhältniss ist von *Ventildichtungsfläche* zu der (unteren) *Fläche* des *Ventils*, gegen welche die hebende *Flüssigkeit* drückt; während er bei biegsamen (aus *Kautschuk*, *Leder* etc. bestehenden, und durch *Metallplatten* nicht versteiften) *Ventilen* von diesem Verhältniss unabhängig erscheint.

Der *Constructeur* setzte sich also vor, solche *Ventile* auch für hohen *Wasserdruck* brauchbar zu machen; musste nun allerdings die *Lederringe* durch solche aus *Metall* absteifen, construirte die letzteren aber so, dass nicht sie, sondern nur die *Lederringe* dichten können.

Das wird erreicht durch *radiale Nuthen*, welche in die unter den *Ledermanschetten* befestigten *Metallringe* eingekreuzt sind, und welche also das *Druckwasser* direct bis an die *Ledermanschetten* führen.

Im Uebrigen unterscheiden sich diese *Ventile* nicht wesentlich von den jetzt für *Bergwerkspumpen* allgemein beliebten *Etagen-Ringventilen*.

Nach Angabe des Ausstellers wiegen beide *Dampfkolben* zusammen 492 k; beide *Kolbenstangen* ebenso 315 k; zwei *Flügel-*

\*) Unfälle, für welche man nicht den Aussteller verantwortlich machen kann.

stangen und zwei *Kreuzköpfe* 732 k; 4 *Gleitklötze* 55 k; 4 *Plunger* 640 k; 4 *Zugstangen* 366 k; 4 *Kreuzköpfe* 272 k; 1 *Schwungrad* 7500 k.

Die zu dieser Maschine gehörenden *Diagramme* sind dargestellt in den Fig. 4—11, Tafel 10.

l. Katalog Nr. 531, *A. Wever & Co.* in *Barmen*. Liegende *Transmissionsdampfmaschine* mit *Condensation* und *Dampfmantel*, Fig. 1—4, Tafel 5.  $D = 400$  mm;  $s = 800$  mm.

Die Maschine ist besonders interessant durch ihre vortreffliche Steuerung (*Patent Knüttel*).

Dieselbe ist wieder eine gewöhnliche *Meyer'sche*, durch den *Regulator* vermittelt mechanischen *Vorspanns* regierte, *Expansions-Schiebersteuerung*.

Der Herausgeber traf sehr viele Ingenieure, welche diese Steuerung als etwas ganz Altes und längst Verlassenes zu kennen glaubten, indem sie dieselbe für die bekannte (in der äussern Form ähnliche) *indirecte* Einwirkung des *Regulators* auf die *Füllung* hielten.

Der *Regulator* wirkt aber nicht *indirect*, sondern *direct*; und darunter versteht man, dass jeder Stellung der *Schwungkugeln* nur ein einziger *Füllungsgrad* entspricht (während bei *indirecter* Einwirkung bei jeder *Regulatorstellung* jeder *Füllungsgrad* möglich ist).

Dass er trotzdem nicht durch seine Kraft, sondern durch die der Maschine (also wieder durch mechanischen *Vorspann*) die *Expansionsplatten* verstellt, ist eben sein Vorzug.

Dies wird bewirkt dadurch, dass der *Hebel H.* (s. Fig. 1, Tafel 5) des *Regulators* vermittelt eines *Zahnsegmentes* eingreift in eine *Schnecke*, welche sich auf der *Axe aa* des *Regulators* axial verschiebbar, aber nicht verdrehbar befindet.

Mit dieser *Schnecke* aus einem Stück bestehen zwei *Frictions-scheiben*, welche, je nachdem die *Kugeln* auf- und niedergehen, die *Axe aa*, und folglich auch die *Expansionsschieberstange* mit dem linken oder rechten (nach entgegengesetzten Richtungen lose auf *aa* rotirenden) *conischen Rade* verkuppeln, welche *Verkuppelung* aber sofort wieder aufhört (weil die *Schnecke* im *Zahnbogen* sich selbstthätig wieder zurückbewegt, so lange sie sich dreht), sobald die *Schwungkugeln* keine *Tendenz* (oder besser keine genügende *Energie*) mehr haben, ihren Weg noch weiter in der begonnenen Richtung fortzusetzen.

Bei der älteren, auf *indirecte* Wirkung des *Regulators* beruhenden Einrichtung hörte dagegen — und das ist der Unterschied — diese *Verkuppelung* erst auf, wenn die *Kugeln* wieder zurück gingen.

Beim Versuch entsprach denn auch die Einrichtung den von ihr gehegten Erwartungen, — das ist aber auch das Einzige, was sich von diesem Versuch berichten lässt, denn er schlug fehl, weil sich *Kurbelaxe* und *Kurbelnocken* warm liefen.

Auf einen zweiten Versuch hat Aussteller verzichtet.

*Diagramme* zu dieser Maschine sind dargestellt in den Fig. 2 und 3, Tafel 5.

## V. Resultate der Versuche an Maschinen.

Die Hauptversuchsergebnisse sind zusammengestellt in der folgenden Tabelle 1. (S. 10 und 13).

Die Zahlen dieser Tabelle wurden auf folgende Weise ermittelt:

Alle Dimensionen der Maschine, welche auf den Wirkungsgrad  $\eta$  einen Einfluss ausüben, wurden in der Ausstellung — entweder bei der Aufstellung oder beim Abbruch der Maschinen — von Herrn *Geisler* direct ermittelt, mit Ausnahme der Maschinen der *Isselburger Hütte* und der *Duisburger Maschinenbau-Actien-Gesellschaft*, deren Ausmessung durch Herrn *Weiss* geschah.

Dieselben Herren maassen auch die schädlichen Räume aus.

Zu dem Ende wurden *Schieber*, *Ventile* und *Kolben* durch Bestreichen mit *Talg* abgedichtet, eine geeignete *Luftabführung* hergestellt und sodann mit geaichteten Gefässen so lange *Wasser* in den betreffenden schädlichen Raum eingegossen, bis dasselbe aus dem *Luftloch* zum Vorschein kam. *Abträufelndes Wasser* wurde aufgefangen und zurückgerechnet.

Nur bei der Maschine der *Gutehoffnungshütte* musste am *Niederdruckzylinder* von dieser Methode abgewichen werden. Dort wurde der Inhalt der *Dampfcanäle* für sich, und zwar durch Ausfüllung mit *Sand* gemessen und der Inhalt des *Cylinders* und *Kolbens* durch Messung ermittelt.

Die schädlichen Räume zu beiden Seiten der Kolben zeigten bei allen Maschinen so unbedeutende Abweichungen, dass an manchen Maschinen, an denen das Messen der Räume auf beiden Seiten grosse Schwierigkeiten darbot, man sich mit dem Messen auf nur einer Seite begnügte.

Nach Beendigung der Versuche wurde das gewonnene, in Tagebüchern und Diagrammen enthaltene Material zweimal zu der nachfolgenden Tabelle verarbeitet, und zwar getrennt von den Herren Reintgen und von Voss, Assistenten für Maschinenlehre und Maschinenbau an der Königl. technischen Hochschule zu Aachen. Sodann wurden die beiden Tabellen mit einander verglichen und die betreffenden Zahlen, welche von einander abwichen, von Neuem berechnet.

Dabei wurde natürlich auch jedes der, während des normalen Bremsdruckes gewonnenen, Diagramme mittelst eines zuverlässigen Planimeters ausgemessen, und sein Arbeitswerth auf demselben notirt. Das arithmetische Mittel aus den Arbeitswerthen aller dieser Diagramme von einem Orte diente zur Berechnung, und das Diagramm, dessen Arbeitswerth diesem arithmetischen Mittel am nächsten lag, wurde als Normaldiagramm in die Zeichnung eingetragen.

Die wichtigsten Zahlen dieser Tabelle, nämlich diejenigen, welche den maschinellen Wirkungsgrad  $\eta$ , d. i. das Verhältniss der von der Maschine abgegebenen zu der von ihr empfangenen Arbeit, angeben, enthält Spalte 38.

Die Zahlen sind werthvoll durch ihre gute Uebereinstimmung mit den Regeln, nach denen wir bis jetzt gerechnet haben; eine Uebereinstimmung, welche in gleichem Grade von der Richtigkeit dieser Regeln und von der Genauigkeit und Sorgfalt der Commissions-Arbeit zu zeugen scheint.

Herausgeber lehrt nämlich, so lange er lehrt, dass der Wirkungsgrad  $\eta$  einer Werkzeugdampfmaschine  $= \sqrt{\eta}$  sei, wenn man unter  $\eta$  den Wirkungsgrad einer gleich starken (und gleich gearteten) Transmissions-Dampfmaschine versteht.

Dies vorausgesetzt, ergeben sich die Werthe für den Wirkungsgrad:

Für Maschine	a	b	c	d	e
nach den Versuchen =	0,742	0,796	0,709	0,776	0,803
nach des Herausgebers „Dampfmaschinen- Constructeur“ (S. 46) =	0,66	0,78	0,70	0,81	0,82
Für Maschine	f	g	h	i	k
nach den Versuchen =	0,828	0,781	0,877	0,892	0,948
nach des Herausgebers „Dampfmaschinen- Constructeur“ (S. 46) =	0,82	0,75	0,86 $= \sqrt{0,74}$	0,88 $= \sqrt{0,77}$	0,92 $= \sqrt{0,86}$

Weitere werthvolle Resultate verdankt der Herausgeber dem Eifer, mit welchem Herr v. Gizycki, Professor der Maschinenlehre und Kinematik an der technischen Hochschule zu Aachen, die Diagramme der Commission studirte und durch seinen Assistenten, Herrn Reintgen, constructiv untersuchen liess.

Zu dem Ende liess Herr v. Gizycki eine Anzahl ausgewählter Diagramme in grösserem Massstabe aufzeichnen, und dann in dieselben hineinconstruiren je drei Curven nach dem Gesetz  $p v^n = \text{Const.}$ ; und zwar die eine Curve für die Bedingung, dass während der Expansion die Dampfmenge constant bleibe.

Diese auf den Tafeln 12 und 13 durch Striche (— — —) ausgeführte Curve ergibt sich aus der Gleichung  $p v^n = \text{Const.}$ , wenn man  $n = 1,065$  setzt; und würde die wirkliche Indicator-Curve sein, wenn der Dampf während der Expansion weder sich condensirte noch auch überhitzte, noch auch endlich vermehrt würde durch Nachdampfen (Verdampfen von Wasser, welches sich im Cylinder befindet).

Eine zweite, auf den Tafeln 12 und 13 durch Striche und Punkte (— · — · — · —) gezeichnete Curve wurde construiert unter der Annahme  $n = 1$  (Mariotte'sches Gesetz); und eine dritte, durch Punkte (· · · · ·) verzeichnete Curve endlich wurde nach dem allgemeinen Gesetz  $p v^n = \text{Const.}$  so gezogen, dass die von dieser Curve begrenzte Fläche gleich wurde der von der wirklichen Indicator-Curve begrenzte.

Aus dem Zahlenwerth von  $n$  dieser Curve wurde alsdann die kleine Tabelle auf S. 12 zusammengestellt.

(Die wirkliche Indicator-Curve ist stetig ausgezogen.)

Alle drei Curven liess Herr v. Gizycki beginnen an dem Punkte der Indicator-Curve, in welchem (oben) die convexe Krümmung in die concave übergeht; indem er sich sagte, dass jede Dampf-Expansionscurve oben concav sein müsse; und dass, so lange diese Curve convex sei, die Abnahme der Pressung nur von der Drosselung immer noch eintretenden Dampfes herrühren könne.

Die interessantesten der so bei Abfassung des Manuscriptes bereits behandelten Diagramme sind auf den Tafeln 12 und 13 abgebildet.

Eine Betrachtung derselben zeigt, und spätere Constructionen an noch anderen Diagrammen haben es weiter bestätigt:

1. Dass an Maschinen mit Dampfmänteln die wirkliche Indicator-Curve mit der Mariotte'schen so genau zusammenfällt, dass man eine gesetzmässige Abweichung beider Curven von einander an irgend einer Stelle derselben nicht nachweisen kann.
2. Dass an Maschinen ohne Dampfmäntel die wirkliche Indicator-Curve sehr merklich und gesetzmässig von der Mariotte'schen abweicht, und zwar in der Art, dass die Indicator-Curve zuerst rascher und später langsamer fällt als die Mariotte'sche.

Eben so lehrreich aber ist die Vergleichung der Indicator-Curve mit der Curve für constante Dampfmenge ( $n = 1,065$ ).

Fällt nämlich die Indicator-Curve anfänglich unter die Curve für constante Dampfmenge, so ist daraus zu schliessen, dass ein Theil des Dampfes sich condensirte — gleichgültig ob an den Cylinderwandungen oder in Folge der Arbeitsverrichtung.

Steigt dann aber schliesslich die Indicator-Curve wieder über die für constante Dampfmenge, so bezeichnet der Schnittpunkt beider die Kolbenstellung, bei welcher durch Nachdampfen das ursprüngliche (bei Beginn der Expansion vorhandene) Dampfquantum wieder hergestellt war.

Und nun folgt:

3. Da bei Maschinen mit Dampfmantel die Indicator-Curve fast überall über der Curve gleicher Dampfmenge bleibt (in den wenigen Fällen, in denen sie unter dieselbe sank, entfernte sie sich sehr wenig von derselben, vergl. Fig. 5, Tafel 12, und diese wenigen Fälle können möglicherweise als Fehler des Indicators angesehen werden), so ist daraus zu schliessen, dass der Dampfmantel im Stande ist: den durch die Expansion sich condensirenden Dampf durch Wiederverdampfung des gebildeten (resp. durch Verdampfung des aus dem Kessel mitgerissenen) Wassers reichlich zu ersetzen.
4. Da bei Maschinen ohne Dampfmantel und ohne Condensation die Indicator-Curve anfänglich unter die Curve constanter Dampfmenge sinkt, sich aber später wieder über dieselbe erhebt, so ist daraus zu schliessen, dass in den Cylindern dieser Maschinen während der Expansion anfänglich Condensation und später Nachdampfen stattfand, welches letzteres der Arbeitsleistung theilweise (aber nur relativ gering, weil bei niedriger Pressung und Temperatur) wieder zu Gute kam.
5. Da bei Maschinen ohne Dampfmantel und mit Condensation die Indicator-Curve bedeutend unter die Curve constanter Dampfmenge fällt, und sich über dieselbe erst zu Ende des Hubes oder gar nicht wieder erhebt; so ist daraus zu schliessen, dass die Cylinderwandungen dieser Maschinen durch den Condensator stark abgekühlt werden; dass in Folge dessen sich viel Dampf an ihnen condensirt sowohl während der Volldruckperiode als auch während eines grossen Theiles der Expansion; dass die Wiederverdampfung dieses Wassers (das Nachdampfen) zum grossen Theil erst während des Ausströmens (in den Condensator) also nutzlos (oder vielmehr Schaden bringend, weil hierdurch eben die Cylinderwandungen so stark abgekühlt werden) stattfindet; und dass folglich diese Maschinen ganz zu verwerfen sind.

Sehr lehrreich ist ferner die, am Anfang der Seite 12 gedruckte, aus vorhin erwähnten Untersuchungen gewonnene Tabelle, in welcher  $\frac{s_1}{s}$  den Füllungsgrad im Sinne des Herrn v. Gizycki, d. i. das Verhältniss des Kolbenweges bis zur gänzlichen Absperrung des Dampfes zum ganzen Hube und  $n$  den Exponenten in der Gleichung  $p v^n = \text{Const.}$  bedeutet, welcher eine Curve von gleichem Flächeninhalt mit der Indicator-Curve ergibt.

# Tabelle I. Dampfmaschinen.

(Die eingeklammerten Zahlen in den Spalten 24—27 und 31—34 geben die Anzahl Diagramme an, durch deren Planimetrierung die nicht eingeklammerten Zahlen gefunden wurden).

№ des Kata- logs.	Firma des Ausstellers.	Art der Maschine.	Kolben-Durchmesser = D Kolben-Hub = s in Centimetern für den						Datum des Experi- mentes. 1880.	Dauer in Minuten des		Druck in Kilogramm des Bremshebels auf die Waage				Länge in Metern des Brems- hebels l	Anzahl der Umdreh- ungen pro Minute u	Ge- schwin- digkeit in Metern pro Secunde $\frac{v_b}{30}$	Nutzleistung in		Mittlere Füllung des (kleinen) Dampf-Cy- linders		Mittlere indirecte Dampf- Leistung in Kilogramm-Metern pro 1 □ Cent. Kolbenfläche und 1 Umdrehung				
			kleinen Dampf- Cylinder		grossen Dampf- Cylinder		Pump- Cylinder			An- laufes.	Ver- suches n	Total.	durch das Gewicht des Gerüsts und der Unter- lage.	durch das Eigen- gewicht des Hebels	durch die Kraft der Ma- schinen P				Secund.- Kilogr.- Metern $\frac{L_n}{v_b P}$	Pferde- stärken $\frac{N_n}{75}$	innen	aussen	links		rechts		
			D	s	D	s	D	s															an Zwillings-Maschinen		an Compound-Maschinen		
			1.	2.	3.	4.	5.	6.		7.	8.	9.	10.	11.	12.				13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
a	387	Adolf von der Becke in Sundwig bei Iserlohn.	—	—	30	60	—	—	6. Aug.	70	240	100	—	9,75	90,25	2,5	68,84	18,022	1626,48	21,69	0,105	0,122	—	—	1,32	1,42	
																									(14)	(14)	
b	522	Union, Maschinenbau-Actien-Gesell- schaft in Essen a. d. R.	—	—	30	70	—	—	4. Sept.	35	242	140	15,50	9,75	114,75	2,5	75,83	19,852	2278,02	30,37	0,342	0,290	—	—	1,66	1,59	
																									(9)	(9)	
c	536	Ernst Wortmann in Ruhrort.	—	—	26	50	—	—	10. Aug.	82	240	50	—	9,75	40,25	2,5	76,55	20,041	806,65	10,76	0,162	0,134	—	—	0,87	0,83	
																									(16)	(16)	
d	453	Humboldt, Maschinenbau-Actien-Gesell- in Kalk bei Cöln.	—	—	47	100	—	—	20. Aug.	37	238	250	17,17	30,57	202,26	3,05	52,10	16,641	3365,81	44,88	0,135	0,145	—	—	1,40	1,55	
																									(9)	(9)	
e	416	Duisburger Maschinenbau- Actien-Gesellschaft, vorm. Bechem & Keetmann in Duisburg.	—	—	45	70	—	—	23. Aug.	50	240	180	12,75	30,57	136,68	3,05	93,80	29,960	4094,93	54,60	0,130	0,169	—	—	0,95	1,16	
																									(10)	(10)	
f	435	Gutehoffnungshütte, Actien-Verein für Bergbau u. Hüttenbetr. in Oberhausen.	40	85	68	85	—	—	31. Aug.	93	240	450	15,20	27,20	407,60	3,05	63,89	20,406	8317,49	110,90	0,346	0,371	1,90	1,88	0,70	0,63	
																								(10)	(10)	(10)	(10)
g	474	Robert Küchen, Maschinen- bau-Anstalt für Bergbau und Hüttenbetrieb in Bielefeld.	—	—	55,05	109,6	—	—	2. Sept.	300	240	330	11,55	27,20	291,25	3,05	38,83	12,402	3612,98	48,16	0,102	0,109	—	—	1,53	1,59	
																									(12)	(12)	
h	480	Gebrüder Meer, Maschinenbau-Anstalt etc. in M.-Gladbach.	—	—	50	70	12	70	14. Aug.	33	240	—	—	—	—	—	42,08	—	—	—	0,085	0,105	—	—	1,28	1,44	
																									(7)	(7)	
i	467	Gebrüder Klein, Maschinenbau-Anstalt etc. in Dahlbruch.	38	70	60	70	100	70	16. Aug.	65	234	—	—	—	—	—	41,12	—	—	—	0,378	0,414	2,18	2,30	0,55	0,46	
																								(3)	(3)	(3)	(3)
k	455	Isselburger Hütte, Actien-Gesellschaft in Issel- burg.	—	—	65	100	20	100	30. Sept.	75	240	—	—	—	—	—	31,53	—	—	—	rechts: 0,225 0,244		2,76	2,62	2,59	2,50	
																					links: 0,198 0,208		(7)	(7)	(5)	(6)	

**Tabelle I. Dampfmaschinen.** (Fortsetzung.)

(Die eingeklammerten Zahlen in den Spalten 24—27 und 31—34 geben die Anzahl Diagramme an, durch deren Planimetrierung die nicht eingeklammerten Zahlen gefunden wurden).

№. des Kata- logs.	Firma des Ausstellers.	Art der Maschine.	Indicirte Dampf- Leistung in			Mittlere indicirte Pumpen- Leistung in Kilogramm-Metern pro 1 □ Cent. Kolbenfläche und 1 Umdrehung				Indicirte Pumpen- Leistung in			Maschi- neller Wir- kungs- grad $\eta = \frac{N_n}{N_i}$ resp. $\frac{N_i^1}{N_i}$	Absolute Dampf-Pressungen in Atmosphären (neuen) in				Schädlicher Raum der Dampf- cylinder in Litern und im (Verhältniss zum Arbeitsraum der Kolben)				Inhalt des Recei- vers in Litern	Schäd- licher Raum des Pumpen- cylinders in Litern und (im Ver- hältniss zum Cy- linder- volum.)	Figuren №		
			Kilogr.- Metern pro 1 Um- drehung $L_u$	Secund.- Kilogr.- Metern $L_i$ = $\frac{u}{60}L_u$	Pferde- stärken $N_i$ = $\frac{L_i}{75}$	Hochdruck-S. an Compound-Maschinen		Kilogr.- Metern pro 1 Um- drehung $L_u^1$	Secund.- Kilogr.- Metern $L_i^1$ = $\frac{u}{60}L_u^1$	Pferde- stärken $N_i^1$ = $\frac{L_i^1}{75}$	Kessel $\mathbb{P}_k$	Dampfleitung $\mathbb{P}_L$		Con- den- sator $\mathbb{P}_c$	Recei- ver $\mathbb{P}_R$	kleinen Cylinder		grossen Cylinder								
						links	rechts									innen	ausen	innen	ausen							
			an Zwillings-Maschinen		innen	ausen	innen	ausen	Klein- und Grosscylinder		Klein- und Grosscylinder															
1.	2.	3.	28.	29.	30.	31.	32.	33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.	41.	42.	43.	44.	45.	46.	47.	48.	49.	50.	
a	387	Adolf von der Becke in Sundwig bei Iserlohn.	Liegende Maschine mit Dampfmantel und mit Condensation.	1910,17	2191,60	29,22	—	—	—	—	—	—	0,742	6,18	6,18	0,083	—	—	—	2,478	2,417	—	—	8	5 bis 11.	
b	522	Union, Maschinenbau-Actien-Gesell- schaft in Essen a. d. R.	Liegende Maschine mit Dampfmantel, ohne Condensation.	2264,69	2862,19	38,16	—	—	—	—	—	—	0,796	6,0	6,0	—	—	—	—	3,500	3,693	—	—	5	5, 6, 7.	
c	536	Ernst Wortmann in Ruhrort.	Liegende Maschine ohne Dampfmantel und ohne Condensation.	891,65	1137,60	15,17	—	—	—	—	—	—	0,709	6,0	5,92	—	—	—	—	2,800	2,800	—	—	11	15 u. 16.	
d	453	Humboldt, Maschinenbau-Actien-Gesell- schaft in Kalk bei Cöln.	Liegende Maschine mit Dampfmantel, ohne Condensation.	4996,27	4338,43	57,85	—	—	—	—	—	—	0,776	6,0	6,0	—	—	—	—	10,600	9,850	—	—	6	1 bis 5.	
e	416	Duisburger Maschinenbau- Actien-Gesellschaft, vorm. Bechem & Keetmann in Duisburg.	Liegende Maschine mit Dampfmantel, ohne Condensation.	3262,59	5100,51	68,01	—	—	—	—	—	—	0,803	6,0	6,0	—	—	—	—	7,500	7,500	—	—	7	1 bis 5.	
f	435	Gutehoffnungshütte, Actien-Verein für Bergbau u. Hüttenbetr. in Oberhausen.	Liegende Compound- Receiver-Maschine mit Condensation. Kleiner Cylinder liegt im Re- ceiver, grosser nicht.	9433,34	10044,93	133,93	—	—	—	—	—	—	0,828	6,08	6,08	0,104	1,69	5,544 (0,0533)	5,544 (0,0529)	10,400 (0,0340)	10,400 (0,0339)	436,500	—	4	1 und 2.	
g	474	Robert Küchen, Maschinen- bau-Anstalt für Bergbau und Hüttenbetrieb in Bielefeld.	Liegende Maschine ohne Dampfmantel, mit Condensation.	7144,46	4623,56	61,65	—	—	—	—	—	—	0,781	6,025	6,01	0,12	—	—	—	11,000 (0,0422)	11,000 (0,0422)	—	—	9	4 bis 15.	
h	480	Gebrüder Meer, Maschinenbau-Anstalt etc. in M.-Gladbach.	Liegende unterirdische Wasserhaltungs-Masch. mit Dampfmantel u. mit Condensation Hilt.	5204,00	3649,74	48,66	—	—	18,23 (7)	22,13 (7)	4564,59	3201,30	42,68	0,877	—	6,12	0,68	—	—	10,910 (0,0815)	10,910 (0,0815)	—	—	3	1 bis 4.	
i	467	Gebrüder Klein, Maschinenbau-Anstalt etc. in Dahlbruch.	Stehende Gebläse-Com- pound-Receivermaschine mit Condensation u. mit Dampfmanteln.	7725,26	5294,38	70,59	0,24 (3)	—	0,23 (3)	0,21 (3)	6894,57	4725,08	63,00	0,892	6,16	6,15	0,10	1,28	5,250 (0,048)	5,250 (0,048)	10,000 (0,0355)	10,000 (0,0355)	204,304	28,25 (0,051)	11	1 bis 8.
k	455	Isselburger Hütte, Actien-Gesellschaft in Issel- burg.	Liegende unterirdische Wasserhaltungs - Zwill- ings-Maschine mit Con- densation, ohne Dampf- mäntel.	34216,38	17980,71	239,74	26,69 (7)	25,28 (8)	26,10 (6)	25,25 (6)	32458,91	17057,16	227,43	0,948	6,0	—	—	—	—	20,75 (0,0634)	20,75 (0,0634)	—	—	2	1 und 2.	

1. Ohne Dampfmantel, ohne Condensation. (Wortmann.)		2. Ohne Dampfmantel, mit Condensation. (Küchen.)		3. Mit Dampfmantel, ohne Condensation. (Duisburger M.)		4. Mit Dampfmantel, mit Condensation. (Sundwig.)	
$\frac{s_1}{s}$	n	$\frac{s_1}{s}$	n	$\frac{s_1}{s}$	n	$\frac{s_1}{s}$	n
0,115	0,9025	0,075	1,127	0,130	0,998	0,060	0,988
0,130	1,110	0,100	1,195	0,140	0,966	0,080	0,982
0,165	1,064	0,110	1,249	0,150	0,951	0,105	0,930
0,170	0,844	0,115	1,239	0,180	0,964	0,115	0,975
0,170	1,030	0,115	1,181	0,180	1,016	0,120	0,974
0,178	1,005	0,120	1,200	0,185	1,014	0,130	0,952
0,200	1,109	0,130	1,210	0,205	1,009	0,140	1,007
0,220	1,078	0,130	1,247	0,220	1,008	0,150	0,990
0,220	1,066	0,135	1,238			0,190	0,980
0,260	1,124	0,155	1,176			0,210	1,053
		0,170	1,232			0,230	1,024
		0,180	1,233			0,335	1,077
						0,410	1,115
						0,450	1,060
Durchschnitt	1,033		1,211		0,991		1,008

Diese Tabelle zeigt nun

6. dass unsere bisherige Praxis, die Arbeits-Leistung der Expansion an jeder rationell construirten Maschine nach dem einfachen Mariotte'schen Gesetz zu berechnen, durchaus richtig war.

Zu solchen rationell construirten Maschinen aber gehören nach Obigem nur die Maschinen unter 1, 3 und 4 der letzten Tabelle, nicht die unter 2, — also nicht die ohne Dampfmantel und mit Condensation, Maschinen, welche man vielmehr nicht bauen sollte und für welche man folglich auch keine Regeln zur Berechnung aufzustellen braucht.

Ob eine Beziehung besteht zwischen n und  $\frac{s_1}{s}$ , mag Herausgeber aus den wenigen Zahlen der obigen Tabelle nicht schliessen. Unter den Spalten 1 und 2, also bei den Maschinen ohne Dampfmäntel scheint n unabhängig von  $\frac{s_1}{s}$ ; unter den Spalten 3 und 4 dagegen, also bei Maschinen mit Dampfmänteln scheint n in geringerem Grade mit  $\frac{s_1}{s}$  zu wachsen (und abzunehmen).

Da ferner an allen rationell construirten Maschinen (der Spalten 1, 3 und 4 der letzten Tabelle) n ungefähr gleich gross (ungefähr 1) ist, (da es sogar bei den ungemantelten Maschinen — wenn auch nur um wenig — grösser ist, als bei den gemantelten,) und da ferner (s. Tafeln 12 und 13) diese ungefähre Gleichheit von n erzielt wird dadurch, dass bei ungemantelten Maschinen die Curve anfangs rascher und später langsamer fällt, als bei gemantelten, so folgt daraus:

7. In gemantelten und ungemantelten Maschinen wird dem Dampf während der Expansion aus den Cylinderwandungen Wärme zugeführt, welche in beiden ungefähr dieselbe Arbeit verrichtet.
8. Diese Wärmezufuhr erfolgt in gemantelten Maschinen bei höherer Temperatur (und höherer Pressung) als bei nicht gemantelten und da (nach den Gesetzen der mechanischen Wärmetheorie) das Arbeitsäquivalent der Wärme desto grösser ist, bei je höherer Temperatur sie zugeführt wurde, so sind **Dampfmäntel** (an eincylindrigen Maschinen und an den kleinen Cylindern der mehrcylindrigen) **unter allen Umständen von grossem Nutzen.**
9. Der eigentliche Zweck der Dampfmäntel ist (nicht wie man bisher glaubte, Wärmezufuhr, sondern wie Herausgeber bereits in seinem „Dampfmaschinen-Constructeur“ erklärte,) **möglichste Verhinderung von Wärmezufuhr an das expandirende Gemisch** — und nächstdem: die unvermeidliche Wärmezufuhr wenigstens bei möglichst hoher Temperatur (Pressung) geschehen zu lassen.

## VI. Die Versuche an Dampfkesseln.

Die Untersuchungen an Kesseln wurden, wie bereits angegeben, ausgeführt unter Führung des Herrn Böcking hauptsächlich von den Herren Emundts, Herbst, Kölling, Stahlschmidt und Vogt.

Die Zeit für die Untersuchung jedes Kessels betrug 8 Stunden. Die Resultate dreier Untersuchungen wurden annullirt, weil Unregelmässigkeiten dabei von Herrn Böcking entdeckt wurden. Für dieselben wurden drei ganz neue Versuche vorgenommen. Acht andere Versuche mussten an den Versuchstagen von Neuem begonnen werden, weil Undichtheiten in den Rohrleitungen vorkamen.

### a. Kohlen.

Die Kohle, welche bei den Kesseluntersuchungen benutzt wurde, war, soweit das zu erreichen stand, überall die nämliche, d. h. sie war von dem nämlichen Flötz und dem nämlichen Ort einer und derselben Grube und zwar: Zeche „Königin Elisabeth in Essen“.

Die Analyse ergab, dass sie zusammengesetzt war aus 1,26 hyg. Wasser + 85,62 C + 5,30 H + 2,61 O + 0,39 N + 1,10 S + 3,72 Asche.

Das Quantum, welches für eine Untersuchung nothwendig war, konnte nicht (wie das Reglement vorschrieb) Tags vorher abgewogen werden, weil es an einem für diesen Zweck nöthigen Raum gebracht. Die Controlle über den Kohlenverbrauch wurde jedoch so durchgeführt, dass ein Irrthum nothwendigerweise hätte entdeckt werden müssen.

Das Kohlenquantum, dessen man pro Stunde benötigte, wurde zusammen angefahren; in einem, Tags über mehrmals tarirten eisernen Karren gewogen und sowohl beim Einfüllen als beim Entleeren im Kesselhause gebucht von zwei Herren, deren Notizen mit einander stimmen mussten.

Von jeder Karre wurde vor dem Abwiegen eine kleine Quantität Kohle und zwar in grösseren und kleineren Stücken und in staubförmigem Zustande entnommen, um auf diese Weise eine möglichst richtige Durchschnittsprobe zu erhalten; und diese so gewonnene Kohle wurde zur Elementar-Analyse verwandt.

Vor Beginn des Experimentes wurde jeder Kessel angeheizt, die Dampfspannung wurde auf 5 Atmosphären Ueberdruck gebracht, dann wurde das Brennmaterial vom Rost entfernt bis auf eine dünne gleichmässig vertheilte Schicht, welche frisch aufgeworfene (für den Versuch zu buchende) Kohle leicht wieder entzünden konnte.

Nach Schluss des Experimentes wurde wiederum das Feuer gezogen, d. h. soviel Brennmaterial (wie in Tabelle 3 angegeben „zum Ausgleich“) vom Rost entfernt, dass dieser sich möglichst genau wieder in dem Zustande befand, in welchem das Experiment begonnen hatte.

Die gezogene Masse wurde sofort mit Wasser gelöscht und gewogen, dann wurde davon eine Probe entnommen und luftdicht eingeschlossen, später auf Wasser- und Kohlenstoffgehalt analysirt und daraus (wie Tabelle 3 zeigt) das (auf den Wassergehalt der Kohle am Tage des Versuches reducirte) Quantum Kohle berechnet, welches an Heizwerth (oder Kohlenstoffgehalt) der gezogenen Masse gleichwerthig war.

Dieses Quantum wurde abgezogen von dem „Total-Kohlen-Verbrauch“, d. h. von der Gesamtmenge aller Kohle, welche man während des Versuches auf den Rost gegeben hatte und der Rest, der „Brutto-Kohlen-Verbrauch“, war also offenbar das Kohlenquantum, welches wirklich zur Verdampfung benutzt, nicht aber durchaus verbrannt war.

Das Nichtverbrannte, also Wasser, Schlacke und Asche (nebst dem in den letztgenannten Dingen noch enthaltenen Kohlenstoff) wurde nun wieder von dem „Brutto-Kohlen-Verbrauch“ abgezogen und der Rest „Netto-Kohlen-Verbrauch“ genannt (s. Tab. 3).

Dieser „Netto-Kohlen-Verbrauch“ und die Zahlen, welche sich auf ihn beziehen, sind es offenbar, welche allein eine streng unpartheische Vergleichung der Leistung der einzelnen Kessel gegen einander ermöglichen; der „Brutto-Kohlen-Verbrauch“ und die auf ihn bezogenen Zahlen dagegen sind es, welche die grössere Praxis interessiren werden.

### b. Wasser.

Um einen Wasserverlust des zu untersuchenden Kessels möglichst zu vermeiden, waren während des Versuches stets alle zum Experiment nicht erforderlichen Rohrleitungen vom Kessel abgeschraubt und durch Blindflantschen geschlossen, welche wie alles Uebrige genau controllirt wurden.

Zum Messen des Wassers dienten zwei Bassins, von denen das eine von 1 cbm Inhalt auf einer Decimalwaage stand, das andere von 10,5 cbm Inhalt, das eigentliche „Speisereservoir“ in



den Boden eingelassen und oben bis auf die zur Beobachtung nöthigen Stellen abgedeckt war. Dadurch, und da das zur Speisung verwandte Wasser der städtischen Wasserleitung fast constante Temperatur hatte, konnte erzielt werden, dass die Temperatur-Differenzen des Speisewassers so klein sind.

Das (in den Boden eingelassene) Speisereservoir (aus welchem also gespeist wurde) war mit zwei in gleicher Höhe befestigten Spitzen versehen, zwischen denen die Scala eines Schwimmers spielte.

Vor Beginn des Versuches wurde der Wasserstand im Speisereservoir notirt; während des Versuches wurden nur abgewogene Mengen Wasser in das Bassin gelassen, und zwar nur während nicht gespeist wurde; und gegen Schluss des Versuches hatte man dafür gesorgt, dass im Speisereservoir weniger Wasser war als anfänglich. Nach Schluss des Versuches wog man dann im 1-cbm-Gefäss eine genügende Quantität Wasser ab, liess davon („zum Ausgleich“) so lange in das eingelassene Reservoir laufen, bis das anfängliche Niveau wieder hergestellt war, wog den Rest und hatte folglich Alles in den Kessel gepumpte Wasser gewogen.

Die Schwimmerscala diente ausserdem noch zur Controle jeder Wasserwägung und zur Notiz, wie viel Wasser in jeder Speiseperiode dem Reservoir entnommen ward durch (mit Hubzählern versehene) Speisepumpen.

Notirt wurde am Speisereservoir durch zwei Herren unabhängig von einander: 1. Zeit und Stand des Schwimmers zu Anfang und zu Ende jeder Speiseperiode und 2. Zeit und Stand des Schwimmers zu Anfang und Ende des Wasser-Einlassens, 3. Temperatur des Wassers.

Die letztere wurde halbstündlich abgelesen an einem Quecksilberthermometer, welches in einer mit Wasser gefüllten durchsichtigen Flasche angebracht und mit dieser in das Speisereservoir gehängt war. Man brauchte beim Ablesen also das Thermometer nicht aus der Flasche herauszunehmen und konnte das Ablesen in aller Ruhe und mit aller Bequemlichkeit vornehmen.

Am Kessel notirte man den Wasserstand zu Anfang des Versuches bei geschlossener Feuerthür und möglichst geschlossenem Rauchschieber (damit der Wasserspiegel sich möglichst beruhige) und sorgte gegen Ende des Versuches dafür, dass man mit demselben Wasserstande aufhöre.

### c. Dampf.

Der producirte Dampf wurde direct ins Freie gelassen, und seine Pressung möglichst genau auf 5 Atmosphären Ueberdruck gehalten durch einen Arbeiter, welcher stets das Manometer im Auge, das Handrad des Absperrventils in der Hand, und im Kopf die Weisung hatte, das Rad so zu drehen, dass das Manometer stets 5 Atmosphären zeige.

Die Temperatur des Dampfes wurde abgelesen an einem Quecksilberthermometer, gesteckt in ein mit Quecksilber gefülltes dünnwandiges eisernes Röhrchen, welches an jedem Dampfkessel an einer möglichst hohen Stelle des Dampftraumes und in denselben eingelassen, von den Ausstellern angebracht war.

Fast unmittelbar neben diesem Röhrchen war ein Controllstutzen angebracht, an welchem das zum Messen der Dampfpressung dienende doppelte Controll-Manometer angeschraubt war. Die beiden Zeiger dieses, von Schäffer & Budenberg gelieferten Instrumentes zeigten stets genau denselben Druck an; zu grösserer Sicherheit aber wurde trotzdem das Manometer nach jedem Versuch auf seine Richtigkeit geprüft vermittelst einer Druckpumpe, welche von der Firma Dreier, Rosenkranz & Droop in Hannover zur Verfügung gestellt war.

Dampf-Pressung und -Temperatur wurden halbstündlich notirt.

Um den Wassergehalt des Dampfes zu ermitteln, hatte man ursprünglich die calorimetrische Methode ins Auge gefasst.

Vorversuche aber, welche Herr Professor Stahlschmidt vornahm an einem Dampfkessel der technischen Hochschule zu Aachen unter Anwendung von 50 k Wasser in einem hölzernen Gefässe, welches eigens zu diesem Zwecke angefertigt war, ergaben unter offenbar den nämlichen Betriebs-Verhältnissen so abweichende Resultate, nämlich einen Wassergehalt von 0% bis 3%, dass von dieser Methode, welche unter Berücksichtigung der nöthigen Vorichtsmaassregeln im Laboratorium gewiss genaue Resultate liefert, für unsere Experimente abgesehen wurde.

Die dafür gewählte chemische Methode beruht darauf, dass, wenn dem Kesselwasser Glaubersalz zugesetzt wird, das übergrissene Wasser auch glaubersalzhaltig sein muss, und zwar wird

gestattet sein, anzunehmen, dass es genau in dem Grade glaubersalzhaltig ist, in welchem es das Kesselwasser an seiner Oberfläche ist.

Entnimmt man also eine bestimmte Gewichtsmenge Kesselwasser von seiner Oberfläche (durch die Wasserstandsapparate), und gleichzeitig dem Dampfrohr eine Gewichtsmenge der hindurchströmenden Flüssigkeit, so wird eine Vergleichung des Gehaltes an Schwefelsäure in beiden Flüssigkeiten das Mittel bieten, den Wassergehalt des Dampfes genau zu bestimmen.

Den Kesseln wurden, je nach ihrer Grösse, 20 bis 25 k Glaubersalz zugesetzt und die Entnahme des, auf seinen Wassergehalt zu untersuchenden, Dampfes geschah durch ein Röhrchen, welches diametral durch das Dampfrohr gesteckt war und auf seiner ganzen Länge viele kleine, dem Dampfstrom gerade entgegen gerichtete Löcher besass.

Der, diesem Röhrchen entnommene Dampf wurde in einen Oberflächencondensator geleitet, welcher aus einer kupfernen Schlange von 3 cm Durchmesser und ca. 14 m Länge bestand und welcher mit Leichtigkeit 8 bis 10 k Dampf pro Minute condensirte.

Von dem Condensations-Product wurde jedesmal  $\frac{1}{2}$  Liter und, wie oben beschrieben, eine gleichvolumige Menge Wasser dem Kessel entnommen und zur Untersuchung verwandt; solcher Doppelproben wurden im Verlaufe eines Kesselversuches durchschnittlich zehn genommen, welche zu einer Doppelprobe zusammengossen und, nachdem man das Volumen des Wassers aus dem Condensator verringert hatte, zur chemischen Analyse verwandt wurde.

Das Verhältniss der erhaltenen Mengen schwefelsauren Baryt's ergab den Wassergehalt des Dampfes.

### d. Heizgase.

Zum Messen der Temperatur der Heizgase hatte die Firma Schäffer & Budenberg in Buckau-Magdeburg verschiedene Pyrometer (sog. „Thalpotasimeter“) auf das Zuvorkommendste für die Untersuchungen geliefert.

Diejenigen unter ihnen, welche für die höheren Temperaturen bestimmt waren, functionirten indessen nicht genau genug, weshalb von ihrer Verwendung Abstand genommen und auf Messung der Temperatur im ersten Heizcanal überhaupt verzichtet werden musste.

Die Instrumente dagegen, welche nur niedrige Temperaturen, (bis zu 500°) anzeigten, waren sehr empfindlich und erwiesen sich bis zum Schluss der Untersuchungen bei den wiederholten Proben als gut und richtig anzeigend.

Die Pressung der Heizgase wurde halbstündlich notirt und in bekannter Weise ermittelt durch einen Apparat mit geneigter Glasröhre und Wasserfüllung. Ein zweiter Apparat, von den Herren L. & C. Steinmüller in Gummersbach construiert, diente demselben Zweck, und beide Apparate stimmten bei allen Messungen überein.

Die Zusammensetzung der Heizgase, welche mit Hülfe einer eisernen Gasleitungsröhre, die auf der Länge von ca. 0,6 m, mit welcher sie in den Fuchs bis auf dessen Grund eintauchte, mit vielen kleinen Löchern versehen war, vor dem Rauchschieber (d. h. zwischen diesem und dem Kessel) dem Fuchs entnommen wurden, bestimmte Herr Professor Stahlschmidt mit Hülfe des Orsat'schen Apparates, dessen Sammelflaschen von 4 Liter Inhalt mit gereinigtem Glycerin gefüllt waren und welche während einer durchschnittlichen Dauer von 45 Minuten voll Gas gesogen wurden.

Bei jedem Kesselversuch wurden 4, beim Kessel g ausnahmsweise 5 Proben entnommen, und zwar in annähernd gleichmässigen Zwischenräumen während der achtstündigen Versuchszeit.

Die Durchschnitts-Zusammensetzung der Heizkohle, sowie diejenige der Rückstände wurde auf gewöhnliche Weise nach bekannten analytischen Methoden ermittelt.

## VII. Beschreibung der Kessel und der Versuche, welche an ihnen vorgenommen wurden.

a. Katalog No. 492, Jacques Piedboeuf in Düsseldorf. Combinirter Zweiflammrohr- und Röhrenkessel mit zwei Dampftraumen. Fig. 4 und 5, Tafel 14.

Der Zweiflammrohr-Kessel liegt unten, der Röhrenkessel darüber. Die Wasserräume beider Kessel stehen mit einander in Verbindung durch den weiten Stutzen A, die Dampftraume durch das Rohr B.

Das letztere wird, (s. Fig. 3, Tafel 14) geschlossen gehalten durch ein Ventil V. Entwickelt sich nun aber Dampf im Unter-

kessel, so ist die nächste Folge, dass derselbe das Wasser aus dem Unterkessel durch den Stützen A in den Oberkessel drängt. Hierdurch sinkt der Wasserspiegel im Unterkessel und mit ihm der Schwimmer S und dieser öffnet das Ventil V und befördert den Dampf in den Oberkessel.

Zweck dieser, bis dahin ungewöhnlichen, Einrichtung ist zu verhindern, dass der im Unterkessel producirt Dampf gezwungen werde, die ganze Wassersäule bis zum Oberwasser-Spiegel zu durchbrechen und dabei Wasser mit zu reissen; Zweck also ist: möglichst trockenen Dampf zu erzeugen.

Gespeist wird der Unterkessel an seinem tiefsten Punkte. Würde das Schwimmer-Ventil in Unstand gerathen und sich nicht öffnen, so würde der Wasserspiegel des Unterkessels bis unter Unterkante der Zunge Z sinken und der Dampf des Unterkessels würde durch den Stützen A in den Oberkessel steigen. Würde dagegen das Schwimmer-Ventil sich gar nicht schliessen, so würde so viel Wasser aus dem Oberkessel in den Unterkessel fallen, bis der Dampfraum in letzterem verschwindet.

b. Katalog No. 492, **Jacques Piedboeuf** in Aachen. Combinirter eng- und weitröhriger Sieder-Kessel. Fig. 1 und 2, Tafel 14. Patent Heine.

Wie die Zeichnung\*) zeigt, ist der Kessel ein combinirter Walzenkessel, dessen unteres Rohr umgeben ist von 50 schmiedeeisernen Röhren von 89 mm äusserem Durchmesser.

Diese Röhren sind in die Rohrplatten auf gewöhnliche Weise eingewalzt und in der geometrischen Axe jedes Rohres befindet sich in der vorderen Platte des vorderen Wassersackes ein Reinigungsloch, dessen innere und äussere Dichtungswände auf mechanischem Wege bearbeitet (geebnet) sind.

Verschlossen wird jedes Reinigungsloch durch zwei gusseiserne Kümpe, deren Ränder ebenfalls abgedreht sind, vermittelt einer Centralschraube, welche beide Kümpe gegeneinander und an die zwischengeklemmte Rohrwand zieht.

Dichtung wird gewöhnlich nur zwischen den Rand der inneren Platte und der Rohrwand gebracht.

Die gusseisernen Kümpe (oder Verschlussdeckel) ausgenommen, besteht der ganze Kessel aus Schmiedeeisen.

Je zwei einander gegenüberstehende ebene Platten der beiden Wassersäcke sind mit einander verankert durch Stehbolzen, welche aus schmiedeeisernen sog. (weil an hydraulischen Pressen viel angewandten) Pressröhren von 20 mm innerem und 40 mm äusserem Durchmesser bestehen.

Die Enden dieser Pressröhren sind mit Gewinde versehen und mit diesem in das Muttergewinde eingeschraubt, welches man in die Löcher der ebenen Platten geschnitten hat. Schliesslich sind die vorstehenden Enden der Röhren umgenietet (nach aussen umgebörtelt), so dass also die Verankerung im Wesentlichen dieselbe ist, wie an Locomotiv-Feuerbüchsen.

Die Röhrenform dieser Stehbolzen hat einen doppelten Zweck: Einmal soll durch dieselbe der etwaige Bruch eines Stehbolzens sofort erkenntlich gemacht, und zweitens soll durch die lichte Oeffnung derselben der Kessel von Russ und Flugasche gereinigt werden, zu welchem letzterem Zweck man durch dieselbe ein Dampfrohr von 12 mm äusserem Durchmesser und nahezu der halben Kessellänge einführt und die Verunreinigungen fortbläst.

Während der übrigen Betriebszeit werden die Stehbolzen-Löcher durch gusseiserne Einschiebstöpsel geschlossen gehalten.

Um die engen Siederöhren von innen zu besichtigen, ist die Oeffnung der vorhin beschriebenen kleinen Reinigungslöcher (in der geometrischen Axe der einzelnen Röhren) nicht erforderlich, vielmehr genügt hierzu die Oeffnung des Mannloches a, durch welches ein Mann auch bis zum hinteren Wassersack gelangen kann, um das betreffende von vorn zu besichtigende Rohr von hinten zu erleuchten. Durch eben dieses Mannloch, indem man durch dasselbe einen Hanfschlauch in irgend ein Rohr einführt, kann man dasselbe auch ausspülen.

Die Führung der Heizgase ist insofern rationell, als sie sich im Wesentlichen transversal zu den Siederöhren bewegen. Hierzu werden sie gezwungen durch eine ungefähr in halber Kessellänge eingebaute Wand w w, welche aus sehr kleinen, mit Versatz in einander greifenden, gusseisernen Elementen besteht.

Der Betriebs-Ueberdruck des Kessels ist 10 Atmosphären.

\*) Eine ausführlichere Zeichnung konnte nicht benutzt werden, weil sie vom Aussteller erst nach Fertigstellung der Platte und fast des gesammten Manuscriptes, also zu spät eingesandt wurde.

Gespeist wird der Oberkessel durch das Speiserohr s—s; und das Speisewasser tritt ein in der Richtung, in welcher das Wasser im Kessel circulirt. Das Ablassrohr befindet sich am tiefsten Punkte des Kessels (des hinteren Wassersackes).

c. Katalog Nr. 509, **Schulz Knaut & Comp.** in Essen a. d. Ruhr, Fig. 8—10, Tafel 15.

Der Kessel ist, wie Zeichnung zeigt, ein combinirter Einflammrohr-Röhren-Kessel. Der Rost liegt im Flammrohr, welches also den ersten Heizcanal (I) bildet. Von hinten nach vorn ziehen die Gase durch die engen Rauchröhren, als dem Heizcanal II zurück, um schliesslich durch die zwei Rauchröhren III, welche durch den Dampfraum führen, wieder nach hinten und in den Fuchs zu gelangen.

Der Kessel unterscheidet sich von den bisher bekannten Einflammrohr-Kesseln wesentlich dadurch, dass die Flammrohr-Bleche gewellt sind (System Fox).

Die einzelnen Schüsse der Flammrohre werden in der Längsnath geschweisst und nachher durch Walzen wellenförmig im Längenprofil gestaltet.

Ob solche Flammrohre gute oder schlechte Heizflächen bilden, beantworten die Zahlen der nachfolgenden Tabelle 5 (s. Versuch i). Dass solche Flammrohre bedeutend widerstandsfähiger sind als die aus cylindrischen Flächen, bedurfte keines Beweises.

Dass bei vernünftiger Fabrikation die Qualität des Bleches durch das Wellen nicht sonderlich würde verringert werden, war ebenfalls vor auszusehen, ist aber nachträglich auch bewiesen durch Festigkeits-Versuche, welche von den Herren Böcking und Kölling am 27. October 1880 vorgenommen wurden.

Diese Herren wählten aus 4 gewellten Flammrohrschüssen, welche wegen Fehler in den Schweissnähten ausgeschossen waren, Stücke aus, stempelten sie, liessen sie auskreuzen, dunkelrothwarm gerade richten, durch Fraisen und Feilen etc. zu regelrechten Probirstücken vorrichten, und probirten sie dann auf Zerreißen, wobei sich Folgendes ergab:

1	Probirstreifen, Walzquersfaser; normal zur Wellenrichtung;	Festigkeit = 3460 Atmosphären.
1	„ Walzlängsfaser; parallel zur Wellenrichtung;	Festigkeit = 3695 Atmosphären.
1	„ Walzquersfaser; normal zur Wellenrichtung;	Festigkeit = 3339 Atmosphären.
1	„ Walzquersfaser; normal zur Wellenrichtung;	Festigkeit = 3557 Atmosphären.
1	„ Walzlängsfaser; durch die Schweissnaht;	Festigkeit = 3137 Atmosphären.
1	„ Walzlängsfaser; normal zur Wellenrichtung;	Festigkeit = 3614 Atmosphären.
1	„ Walzlängsfaser; durch die Schweissnaht;	Festigkeit = 3140 Atmosphären.
1	„ Walzquersfaser; parallel zur Wellenrichtung;	Festigkeit = 3541 Atmosphären.
1	„ Walzquersfaser; normal zur Wellenrichtung;	Festigkeit = 3611 Atmosphären.
1	„ Walzquersfaser; normal zur Wellenrichtung;	Festigkeit = 3086 Atmosphären.

(Walzquer- und Walzlängsfaser im Obigen bezieht sich auf das Walzen bei Herstellung des Bleches und nicht bei Herstellung der Wellen; normal zur Wellenrichtung ist die axiale Richtung, und parallel zur Wellenrichtung die Richtung im Umfang eines Querschnittes des Flammrohrs.)

Die grösste (durch das „Wellen“) entstandene Differenz in der Dicke der Probirstreifen betrug 1,15 mm (bei einer Minimalblechstärke = 9,8 mm).

Dass diese gewellten Flammrohre ganz vorzügliche Compensationsrohre und doch genügende Verankerungen der Kopfplatten sind, soll vom Herausgeber ebenfalls bereitwilligst zugestanden werden (während in der Untersuchungs-Commission diese Meinung nicht durchgängig obwaltete).

Alles in Allem muss Herausgeber daher zugeben, dass die Aussteller durch Verpflanzung der Fabrikation gewellter Flammrohre auf deutschen Boden sich ein grosses Verdienst um die Industrie erworben haben; und dass, wenn man nun einmal absolut Flammrohre anwenden will (Herausgeber ist, wie aus seinem Werk: „Anlage und Betrieb der Dampfkessel“\*) bekannt, kein Freund der Flammrohre überhaupt), oder der örtlichen Verhältnisse wegen (wie z. B. an Schiffskesseln) anwenden muss, die

\*) 2. Auflage 1876 bei Arthur Felix in Leipzig.

gewellten Flammrohre den bisherigen cylindrischen weit vorzuziehen sind.

d. Katalog Nr. 483, **K. & Th. Möller** in Kupferhammer bei Brackwede. Zweiflammrohr-Kessel mit Galloway-Röhren. Fig. 1—3, Tafel 15.

In Betreff der Construction des Kessels braucht der Zeichnung nichts hinzugefügt zu werden.

e. Katalog Nr. 509, **Schulz Knaut & Comp.** in Essen a. d. Ruhr. Einfamm-Wellenrohr-Kessel. Fig. 4—7, Tafel 15.

Ueber das gewellte Flammrohr ist schon unter c. gesprochen. Auch bei diesem Kessel liegt der Rost im Flammrohr, welches sonach den ersten Heizcanal (I) bildet. Zurück nach vorn gelangen die Gase durch den Canal II, um sodann durch den Canal III über dem Kessel wieder nach hinten und dort in den Fuchs zu ziehen.

f. Katalog Nr. 517, **L. & C. Steinmüller** in Gummersbach. Engröhriger Siederohr-Kessel, Fig. 4—8, Tafel 17.

Die schmiedeeisernen Siederöhren von 60 mm äusserem Durchmesser sind an den Enden verzinkt, und der Zinnmantel ist geschraubt in das Muttergewinde, welches man in Löcher gusseiserner Kästen geschnitten hat.

Jeder gusseiserne Kasten enthält zwei Horizontalreihen solcher Löcher in solcher Anordnung, dass die Verticalen durch die Löcher der einen Reihe in der Mitte liegen zwischen je zwei Löcher der andern. Hierdurch wird bewirkt, dass der Querschnitt jedes Rohres in der Mitte liegt über dem Zwischenraum, welchen zwei darunter liegende Rohre bilden, so dass die Heizgase, indem sie transversal das Röhrenbündel durchstreichen, immer wieder von Neuem und anders zertheilt, und stets direct auf die Rohre geblasen werden, was natürlich rationell ist.

Die Hohlräume der einzelnen gusseisernen Kästen stehen in verticaler Richtung mit einander in Verbindung durch kreisrunde Löcher von der Anzahl der Röhren einer Horizontalreihe, und die Ränder dieser Löcher sind mit Gummi gegen einander abgedichtet.

Angezogen wird diese Dichtung und zu einem festen Ganzen verbunden werden alle über einander geschichtete Kästen einzig und allein durch zwei Schrauben-Anker a, a, (Fig. 5, Tafel 17) an den beiden Enden der Kästen.

Ueber dem Röhrenbündel und nicht geheizt liegt ein weiteres schmiedeeisernes Rohr, in welchem sich der Dampf vom Wasser scheidet. In dieses Rohr (bei s) wird auch gespeist.

Die Heizgase durchziehen das Röhrenbündel viermal in transversaler Richtung (also in möglichst günstiger Weise), und dazu werden sie gezwungen durch eine Anzahl gusseiserner ebener Wände, welche in einer Richtung normal zur geometrischen Axe des Röhrenbündels das letztere durchsetzen.

Diese gusseisernen Wände bestehen aus einzelnen Streifen, von denen sich je drei zwischen zwei Horizontalreihen der Röhren befinden, s. Fig. 7 u. 8 Tafel 17.

Zieht man das mittlere oder Keil-Stück horizontal heraus, dann kann man das obere und untere Stück um 90° drehen, und nun ebenfalls horizontal herausziehen; und durch umgekehrte Reihenfolge der Manipulation lässt natürlich die Wand sich einbauen.

g. Katalog Nr. 488, **F. A. Neumann** in Aachen. Walzenkessel mit eingeschnittenen und durch enge Siederöhren ausgebaute Heizkammern, Fig. 1—3, Tafel 16.

Feuerbrücken, welche sich dicht an die äusseren Röhren einer Heizkammer anschliessen, zwingen die Heizgase in diese einzutreten und das Röhrenbündel in Schlangenlinien zu durchziehen.

Auf der Ausstellung hörte man vielfach die Ansicht aussprechen, dass durch das Einschneiden der Heizkammern der Walzenkessel sehr geschwächt und überhaupt die ganze Construction in Hinsicht auf Festigkeit und Sicherheit sehr gewagt sei.

Das ist indessen nicht der Fall: die Rohrwandungen sind durch die Siederöhre solide gegen einander abgesteift, derart, dass sie nach Versuchen des Professors Bauschinger in München bei 5 Atmosphären Ueberdruck eine 8,15fache Sicherheit gegen Näherung bieten, und können demnach als vollkommen starr angesehen werden.

Dann aber kann man die Decken der Heizkammern als Zonen eines sehr kurzen Flammrohres betrachten, und muss sie in Ansehung ihrer geringen Länge und grossen Blechdicke ebenfalls als genügend fest und starr ansehen.

Sämmtliche Querschnitte des Kessels sind alsdann aber rationell begrenzt, nämlich entweder durch nur eine einzige Kreis-

linie, oder durch ein Kreissegment und dessen Sehne. Diese Sehne aber ist nach Obigem als starr, d. h. als gerade bleibend auch unter dem Betriebsdruck, anzusehen, und bildet also eine constructiv richtige Verankerung der beiden Knoten- oder End-Punkte des Kreissegmentes.

h. Katalog Nr. 391, **Ewald Berninghaus** in Duisburg. Combinirter, mit Galloway-Röhren armirter Zweiflammrohr- und Röhren-Kessel: Fig. 4 u. 5, Tafel 16.

Der Kessel hat mit dem sub a. beschriebenen die zwei Dampfräume (je einen im Ober- und Unterkessel) gemein. Hier fehlt aber das Schwimmer-Ventil und die beiden Wasser-Räume communiciren nur durch ein Ueberlaufrohr u.

i. Katalog Nr. 409, **Schulz Knaut & Comp.** in Essen a. d. Ruhr.

Der in den Figuren 4 bis 7, Tafel 15, dargestellte Kessel ist bereits sub e. beschrieben.

Der Versuch, um welchen es sich hier handelt, ist aber ein zweiter und von dem sub e. dadurch wesentlich verschieden, dass dieser zweite Versuch angestellt war einzig und allein um die Qualität des gewellten Flammrohres als Heizfläche zu ermitteln.

Demnach wurden bei diesem Versuch alle andern Heizflächen des Kessels ausser Wirksamkeit gesetzt, und die Heizgase wurden aus dem Flammrohr direct in den Schornstein geleitet.

k. Katalog Nr. 391, **Ewald Berninghaus** in Duisburg.

Der durch die Figuren 4 und 5 Tafel 16 dargestellte Kessel ist derselbe, welcher bereits sub h. beschrieben ist. Der Versuch aber, um den es sich hier handelt, ist ein zweiter und von dem ersten dadurch verschieden, dass der erste Versuch bei normalem (oder öconomischem), der zweite dagegen bei forcirtem Betriebe stattfand.

l. Katalog Nr. 400, **A. Büttner & Cie.**, Rheinische Röhrendampfkessel-Fabrik in Uerdingen. Engröhriger Siederohrkessel. Fig. 1—3, Tafel 17.

Die schmiedeeisernen Siederöhren sind, wie beim Root-Kessel, an ihren Enden in gusseisernen Kästen befestigt; doch unterscheidet sich dieser Kessel im Princip vom Root-Kessel dadurch, dass, mit Ausnahme der untersten zwei Reihen Röhren von grösserem Durchmesser (= 127 mm), von den übrigen engeren Röhren (von 114 mm Durchmesser) immer je zwei übereinander liegende (durch zwei gusseiserne Kästen) zu einem einzigen Bauelement vereinigt sind.

Hierdurch wird ermöglicht, die Reinigungsöffnungen in der geometrischen Axe jedes Rohres anzubringen, und die Anzahl der (vermitteltst Asbest bewirkten) Dichtungen im Verhältniss zur Anzahl der Röhren gegenüber dem älteren Root-Kessel auf ungefähr die Hälfte zu reduciren.

Ueber dem Röhrenbündel sind zur Vergrösserung des Dampf-, Speise- und Wasserraumes, und zur Herbeiführung einer geregelten Wasser-Circulation zwei weitere, unten geheizte, schmiedeeiserne Rohre angebracht. In jedem derselben befindet sich ein Zweig des Dampf-Entnahme-Rohrs, in welchem noch ein, nach dem Princip der Centrifugalkraft construirter, Wasserabscheider eingeschaltet ist.

Hinter dem Kessel befindet sich ein Vorwärmer, angefertigt aus gusseisernen Röhren, welche aussen mit Längsrippen ausgerüstet sind, um die äussere Heiz- (oder Wärme-Aufnahme-) Fläche zu vergrössern unabhängig von dem Röhrendurchmesser, welcher im Interesse der Festigkeit klein gehalten ist.

Dieser Vorwärmer ist nach dem Gegenstrom-Princip construirt, indem die Heizgase abwärts, das Wasser dagegen aufwärts geführt werden.

Der Rost des Kessels wird vom Aussteller durch Schreiben vom 1. December 1880 ausdrücklich „Einbecker **Stufenrost**“ genannt (von Rabbethge & v. Ehrenstein in Einbeck).

In seinen Drucksachen nennt Aussteller ihn „Treppenrost für Steinkohlen“ und giebt an, dass er sich von dem gewöhnlichen Treppenrost (wie er hauptsächlich für Braunkohlen angewandt wird) unterscheidet durch folgende Eigenthümlichkeiten:

1. Er hat eine weit stärkere Neigung gegen den Horizont.
2. Die einzelnen Treppenstufen sind nicht horizontal, sondern haben ebenfalls eine starke Neigung gegen den Horizont.
3. Schlackenrost und Schlackenschieber sind entbehrlich; statt derselben genügt eine weitere Oeffnung zwischen der untersten Treppenstufe und einer gegen den Horizont geneigten Schlackenrast.

Diese drei Eigenthümlichkeiten erweisen sich als wünschenswerth oder zulässig offenbar mit Rücksicht auf die backende oder sinternde Natur des Brennmaterials, welches man zu verfeuern hat.

Die grosse Luftmenge, welche in den Verbrennungsgasen vorgefunden wurde, schreiben Herausgeber dem Umstande zu, dass während des Versuches der Rost wohl nicht gleichmässig mit Kohlen bedeckt war.

Der concessionirte Dampf-Ueberdruck beträgt 12 Atmosphären. m. Katalog Nr. 525, **Walther & Co.** in Kalk bei Cöln. Engröhriger Siederohr-Kessel, System Root. Fig. 1—3, Tafel 18.

Die Construction im Allgemeinen des Root-Kessels ist genügend bekannt.

Hinzugefügt hat der Aussteller einen Röhren-Vorwärmer, dessen Röhren quer über den Röhren des eigentlichen Kessels liegen.

Verbessert hat der Aussteller den Kessel (gegenüber der älteren Construction) dadurch, dass er die Anzahl Modelle der Kapseln, durch welche die einzelnen Röhren mit einander communiciren, verringerte; und namentlich dadurch, dass er die Dichtung dieser Kapseln (mit den gusseisernen Kästen) nicht mehr wie früher bewirkt durch dicke Gummiringe (oder anderes weiches Material), sondern durch sehr schlank conisch gedrehte Eisenringe, welche am Ausstellungskessel bereits aus einem Stück bestanden mit den Kapseln. S. Fig. 6 u. 7, Tafel 18.

Das Verhältniss der Dampfheizfläche zur Wasserheizfläche = 1 : 2 gewählt, um möglichst trockenen Dampf zu erzielen.

Das Wasser, welches trotzdem sich noch im Dampfrohr vorfinden sollte, auszuschleiden, ist der durch die Fig. 4 und 5, Tafel 18, dargestellte Dampftrockner (Patent Ehlers) bestimmt, welcher, wie man erkennt, auf dem Princip der Centrifugalkraft beruht (wie die meisten andern auch).

Bei Beurtheilung der Verdampfungsresultate dieses Kessels hat man zu berücksichtigen, dass die Kesselmauerung am Tage des Versuches zahlreiche Sprünge enthielt, hervorgerufen durch die Unbilden der Witterung, welcher dieser Kessel, seiner Lage in der Ausstellung nach, mehr als mancher andere ausgesetzt war.

Auf Rechnung dieser Sprünge (theilweise oder ganz) ist jedenfalls das grosse Luftquantum zu setzen, welches in den Heizgasen vorgefunden wurde.

Der Kessel ist concessionirt auf 10 Atmosphären Ueberdruck; durfte indess wie jeder andere Kessel während des Versuches (dem Reglement entsprechend) nur mit 5 Atmosphären Ueberdruck arbeiten.

Bei Beurtheilung des Wassergehaltes im Dampfe ist zu berücksichtigen, dass die benutzte Speisepumpe für alle kleingefässigen Kessel unbequem gross und dass in Folge dessen schwierig war, den Wasserstand in normaler Höhe zu erhalten, — trotz der grossen Anzahl Speiseperioden (= 35; siehe Reihe m, Spalte 4, Tabelle 7).

### VIII. Resultate der Versuche an Kesseln.

Die Resultate der Versuche an Kesseln sind in den folgenden Tabellen 2—8 niedergelegt. Dieselben sind in der Hauptsache aufgestellt und aus dem Inhalt der Tagebücher zusammengetragen von Herrn Böcking, oder unter dessen Leitung.

Tabelle 2 giebt die mechanischen Verhältnisse der Kessel. Dieselben sind nicht etwa den Zeichnungen oder den Angaben der Aussteller entnommen, sondern durch unmittelbare Messungen von Herrn Böcking auf's Gewissenhafteste ermittelt.

Die Heizfläche ist die von den Feuergasen berührte.

Schriftliche Vorstellungen einzelner Aussteller, von denen einige die vom Kesselinhalt berührte Fläche in Rechnung, andere grosse Heizflächen ganz ausser Rechnung gesetzt wissen wollten, — „weil die sie berührenden Heizgase schon so kalt seien, dass sie Dampf nicht mehr erzeugen könnten“ — wurden selbstverständlich ebenso wenig berücksichtigt, wie die Berechnungen der Aussteller.

Tabelle 3 giebt den Kohlenverbrauch.

Der „Total-Kohlenverbrauch“ in Spalte 2 ist das Kohlenquantum, welches während des Versuches (also Anheizen ausgeschlossen) auf den Rost gegeben ist. „Zum Ausgleich vom Rost gezogen“ heisst: am Ende des Versuches vom Rost entfernt, um möglichst genau den Zustand der Beschickung des Rostes wieder herzustellen, welcher beim Beginn des Versuches vorhanden war.

Spalte 3 giebt das Totalgewicht dieser gezogenen Masse an; Spalte 4 ihren Wassergehalt, hervorgerufen durch das Löschen;

Spalte 5 das Gewicht dieser Masse nach Abzug jenes Wassergehaltes, ihre Zahlen sind also die Differenzen aus denen der Spalten 3 und 4; Spalte 6 giebt den Kohlenstoffgehalt von 5; Spalte 7 das Gewicht Kohlenstoff, welches in der gezogenen Masse enthalten war; Spalte 8 das Gewicht wasserfreier wirklicher Kohle, welches eine gleiche Menge Kohlenstoff enthält; und Spalte 9 das Gewicht an Kohle von dem Wassergehalte des Versuchstages, welches ebenso viel Kohlenstoff enthält.

Dieses Gewicht abgezogen von dem „Total-Kohlenverbrauch“ ist offenbar das Kohlenquantum, welches man zur Verdampfung wirklich „verbrauchte“, wurde „Brutto-Kohlenverbrauch“ genannt und ist in Spalte 10 angegeben.

Weil nun aber die Kohle an den verschiedenen Versuchstagen einen verschiedenen Feuchtigkeitsgehalt hatte, so ist dieser „Brutto-Kohlen-Verbrauch“ kein richtiger Maassstab für den Nutzeffect der Kessel.

Um einen solchen zu gewinnen, wurde der Wassergehalt der Kohle (Spalte 11) vom Brutto-Kohlen-Verbrauch abgezogen und der Rest ist in Spalte 12 angegeben.

Die gewonnenen „Rückstände“ bestanden:

1. Aus Asche, d. i. Alles, was durch den Rost gefallen war, also einschliesslich der mit durchgefallenen Kohle (Spalte 14), und
2. Aus Schlacke, d. i. Alles (wiederum einschliesslich des darin enthaltenen Kohlenstoffes), was während des Versuches oberhalb des Rostes von demselben entfernt wurde, und was, fest am Rost haftend, man am Schluss des Versuches vom Rost losbrach (Spalte 13), also alle Schlacke, welche sich während des Versuches gebildet hatte.

Die Zahlen der Spalten 13 und 14 von denen der Spalte 12 abgezogen geben nun die der Spalte 15, und diese hat man „Netto-Kohlen-Verbrauch“ genannt.

„Netto-Kohlen-Verbrauch“ ist also das Gewicht der Kohle, welches sich während des Versuches mit Sauerstoff verbunden hat, und kann also auch mit „wirklich verbrannte Kohlen-substanz“ bezeichnet werden.

Dieser „Netto-Kohlen-Verbrauch“ giebt nun einen richtigen Maassstab zur Beurtheilung der Güte der Heizflächen an den Kesseln, — leider aber noch nicht zur Beurtheilung der Gesamtkessel-Anlage (incl. Rost etc. — denn wenn ein Rost viel unverbrannte Kohle durchfallen lässt, so ist er eben nicht gut.)

Tabelle 4 giebt Auskunft über Luft, Wasser, Kohlen, Dampf und Heizgase.

Ueber die Spalten 1 bis 15 braucht Nichts gesagt zu werden.

Die Zahlen der Spalten 16—19 wurden durch chemische Analyse mittelst des Orsat'schen Apparates gewonnen.

Die Zahlen der Spalte 20 wurden aus denen der Spalten 17 und 19 durch Berechnung gewonnen auf folgende Weise:

Nennt man  $O$  die Volum-Menge Sauerstoff, welche (pro Zeiteinheit) in den Rost eintritt;  $O_v$  die Quantität, welche davon verbrannt und  $O_n$  diejenige, welche unverbrannt in den Schornstein entweicht, dann ist also:

$$O = O_v + O_n \dots \dots \dots (1)$$

und  $\frac{O}{O_v}$  ist das Verhältniss der zugeführten zu der verbrannten Luft.

Dies Verhältniss kann man nun aus dem Volum-Verhältniss  $\frac{O_n}{N}$ , also aus dem Verhältniss von Sauerstoff und Stickstoff, wie man es in den Heizgasen durch die Analyse vorfand, so entwickeln:

In der atmosphärischen Luft verhalten sich die vom Sauerstoff und Stickstoff eingenommenen Räume wie 21 : 79, also ist

$$\frac{O}{N} = \frac{21}{79}; \text{ oder } O = \frac{21}{79}N \dots \dots \dots (2)$$

oder durch Einsetzung von (1) in (2)

$$O_v = \frac{21}{79}N - O_n \dots \dots \dots (3)$$

folglich durch Division von (3) in (2)

$$\frac{O}{O_v} = \frac{\frac{21}{79}N}{\frac{21}{79}N - O_n} = \frac{1}{1 - \frac{79}{21} \frac{O_n}{N}} = \frac{1}{1 - 3.7619 \frac{O_n}{N}} \quad (4)$$

Nach dieser Formel (4) sind die Zahlen der Spalte 20 berechnet.

Die Zahlen der Spalte 21 wurden durch directe Messung gewonnen.

Tabelle 5 giebt die Leistung der Kessel.

Die Spalten 1 bis 6 und Spalte 8 geben den wirklichen Thatbestand.

Nun weisen aber die vorhergehenden Tabellen nach, dass bei den einzelnen Versuchen stattfanden: verschiedene Thermometerstände, verschiedene Dampfüberdrücke und verschiedene Temperaturen des Speisewassers.

Demnach geben die Spalten 1—6 kein richtiges Bild von der Leistung der Kessel und Herausgeber liess, um ein solches zu schaffen, noch die Spalten 7—16 hinzufügen.

Als Einheit wählte er (seiner langjährigen Gewohnheit folgend) einen Dampf, welcher zu seiner Erzeugung (aus Speisewasser von irgend welcher Temperatur) 600 Calorien bedarf.

Solch ein Dampf entspricht durchschnittlich dem der Praxis, und die Zahlen, welche sich auf ihn beziehen, sind deshalb ohne Weiteres auf die Praxis anwendbar; während ein Dampf von 637 Calorien Erzeugungswärme (Dampf von 100° aus Speisewasser von 0°), welchen man auch wohl zu einer solchen Reduction benutzt, in der Praxis verhältnissmässig selten vorkommt und deshalb zu einem unmittelbaren Vergleich mit derselben nicht dienen kann.

Spalte 7 giebt zuerst die absolute Dampfpressung des wirklich erzeugten Dampfes in Atmosphären ( $\bar{a} = 1 \text{ k pro } 1 \text{ qcm}$ ) — d. i. also Dampfüberdruck plus Pressung der Atmosphäre am Versuchstage.

Spalte 9 giebt daraus abgeleitet nach den bekannten wissenschaftlichen Resultaten die Gesamtwärme ( $\lambda$ ) dieses Dampfes.

Hiervon die Temperatur des Speisewassers (Spalte 10) abgezogen, giebt die in Spalte 11 angegebene Erzeugungswärme des betreffenden Dampfes.

Diese dividirt durch 600 giebt den in Spalte 12 verzeichneten Coefficienten, mit welchem man die Zahlen der Spalten 1—4 multipliciren muss, um die Zahlen der Spalten 13—16 zu erhalten.

Tabelle 6 giebt Daten über die Beschickung des Rostes, denen Nichts hinzuzufügen ist.

Tabelle 7 unterrichtet über die Art der Speisung der Kessel ebenfalls so genau, dass sie keiner Erklärung bedarf.

Tabelle 8 ist vom Herausgeber hinzugefügt, um bequemer die Ursache der verschiedenen Leistungen der einzelnen Kessel übersehen zu können.

In dieser Tabelle sind von oben nach unten die Kessel nach ihrer Leistung, d. h. nach der Anzahl Kilogramme Dampf von 600 Calorien Erzeugungswärme geordnet, welche sie aus 1 Kilogramm Kohle netto erzeugt haben.

Die in den Spalten 6—9 enthaltenen nicht eingeklammerten Zahlen geben die hauptsächlichsten Daten, welche auf die Leistung, also auf die Zahlen der Spalte 5 von Einfluss waren; und die in diesen Spalten enthaltenen eingeklammerten Zahlen geben die Stelle an, welche in der Reihenfolge der betreffende Kessel vermöge seiner Leistung eingenommen haben würde, wenn die Zahlen in den übrigen der Spalten 6—9 für alle Kessel gleich gross gewesen wären.

Wo also z. B. die eingeklammerten Zahlen dieser Spalten (welche selbstverständlich durchaus nicht gleiches Gewicht haben) im Ganzen und Grossen dem Kessel eine spätere Stelle anweisen, als er in dieser Tabelle einnimmt; da wird gestattet sein zu schliessen, dass die Qualität der Heizfläche sehr gut ist und umgekehrt. Auf eine Heizfläche von normaler Güte wird man schliessen müssen, wo die eingeklammerten Zahlen im Wesentlichen dem Kessel die Stelle anweisen, welche er einnimmt.

Aber auch die Vergleichung der einzelnen Zahlen unter einander und mit den Kessel-Constructionen ergiebt sehr lehrreiche Aufschlüsse (z. B.: starke Anstrengung bei grosser Luftmenge und kleiner Fuchstemperatur zeigt sehr gute Heizfläche an; grosser Gehalt an CO bei genügender Luftmenge weist auf eine mangelhafte Construction des Verbrennungs-Raumes hin und umgekehrt; etc. etc.), zu deren Aufzählung und Entwicklung es dem Herausgeber bei der Eile, mit welcher dieses Werk herausgegeben werden muss, an Zeit gebricht.

Tabelle 3. Kohlenverbrauch.

Datum der Untersuchung.	Total-Kohlen-Verbrauch kg.	Zum Ausgleich vom Rost gezogen							Brutto-Kohlen-Verbrauch kg.	Wassergehalt der Kohle am Versuchstage. %.	Kohlenverbrauch nach Abzug des Wassergehaltes kg.	Rückstände		Netto-Kohlen-Verbrauch in kg.	Unverbrennbare Rückstände in kg.
		Total in kg.	Wassergehalt in %.	Nach Abzug des Wassergehaltes kg.	Gehalt in C in %.	Auf C reducirt in kg.	Auf Kohle reducirt kg.	Auf Kohle mit d. Wassergehalt d. Versuchstages reducirt kg.				Schlacken in kg.	Asche in kg.		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
1880.															
a 14. Juli	1473,95	—	—	—	—	—	—	—	1473,95	1,26	1455,38	71,59	15,14	1368,65	56,05
b 16. Juli	1360,20	50,7	19,3	40,92	71,10	29,09	33,97	34,53	1325,67	1,64	1303,93	59,14	35,3	1209,49	57,28
c 20. Juli	1441,80	43,6	18,52	35,53	75,10	26,70	31,17	31,56	1410,24	1,26	1392,47	63,49	39	1289,98	53,73
d 23. Juli	1549,4	32,6	2,68	31,73	89,92	28,53	33,32	33,94	1515,46	1,86	1487,28	68,79	33,6	1384,89	61,98
e 24. Juli	1216,5	52,9	10,76	47,21	83,86	39,59	46,25	46,98	1169,52	1,57	1151,16	43,47	24,1	1083,59	48,04
f 25. Juli	1671,6	70,7	23,22	54,29	71,08	38,59	45,07	45,75	1625,85	1,48	1601,79	66,19	24,3	1511,3	68,56
g 14. August	723,15	7,8	25,3	5,83	65,6	3,82	4,46	4,54	718,61	1,75	706,03	37,48	13,8	654,75	28,51
h 24. August	1872,3	38,7	21,4	30,42	74,5	22,66	26,47	26,98	1845,32	1,92	1809,89	69,51	35,5	1704,88	71,22
i 25. August	1162,35	66,2	20,3	52,76	66,5	35,08	40,97	41,85	1120,5	2,15	1096,41	43,53	31,1	1021,78	41,12
k 28. August	1990	33,05	8,5	30,24	75,0	22,68	26,5	27,43	1962,57	3,51	1893,69	67,49	48	1778,2	82,14
l 29. August	1415,7	—	—	—	—	—	—	—	1415,7	1,67	1392,06	61,52	15,33	1315,21	61,48
m 30. August	1034,8	41	6,8	38,22	84,3	32,21	37,62	38,29	996,51	1,78	978,77	49,84	39,8	889,13	42,06

Tabelle 2. Die mechanischen Verhältnisse der Kessel.

	Datum der Untersuchung.	№ des Katalogs.	Des Ausstellers		Kessel-System.	Der Feuerung		Heizfläche in qm			Rostfläche in qm		Verdampfungs-Oberfläche in qm.	Inhalt des Kessels		Querschnitt der Feuerzüge in qm				
			Name oder Firma.	Wohnort.		Art.	Lage.	Benetzt.	Total.	Vorwärmer.	Totale.	Freie.		Wasser-raum in qm.	Dampf-raum in qm.	über der Feuerbrücke.	in den Flammrohren.	in den Heizröhren.	in dem Schornstein-kanal.	am Rauchschieber.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
a	1880 14. Juli	492	Jacques Piedboeuf	Düsseldorf	Zweiflammrohrkessel mit darüber liegendem Heizröhrenkessel.	Planrost.	Innen- feuerung.	133,23	141,2	—	3,1	1,4	10,324	12,371	4,051	0,34	0,84	0,523	0,67	0,56
b	16. Juli	492	Jacques Piedboeuf	Aachen	Combinirter eng- u. weit- rohriger Siederohrkessel. Patent Heine.	do.	Unter- feuerung.	80,771	80,771	—	1,8	0,81	5,883	6,50	2,50	0,501	—	—	0,577	0,49
c	20. Juli	509	Schulz Knautd & Co.	Essen a. d. Ruhr	Einflammrohrkessel mit rückkehrenden Heizröhren, Flammrohr-Patent Fox.	do.	Innen- feuerung.	96,453	110,899	—	1,83	0,776	9,225	7,783	3,079	0,43	1,114	0,335 im Dampf- raum 0,346	0,52	0,21
d	23. Juli	483	K. & Th. Möller	Kupferhammer bei Brackwede	Zweiflammrohrkessel mit Gallowayröhren.	do.	do.	99,141	99,141	—	3,4	1,012	18,30	17,40	6,765	0,406	0,802 an den Gallo- wayröhren	—	0,55	0,43
e	24. Juli	509	Schulz Knautd & Co.	Essen a. d. Ruhr	Einflammrohrkessel, Flammrohr-Patent Fox.	do.	do.	78,179	96,091	—	1,467	0,34	17,162	17,95	7,343	0,43	1,207	—	0,76	0,41
f	25. Juli	517	L. & C. Steinmüller	Gummersbach	Engröhriger Siederohr- kessel, Patent Steinmüller.	do.	Unter- feuerung.	67,266	67,266	—	3,00	1,45	—	1,70	1,816	0,604	—	—	0,74	0,42
g	14. August	488	F. A. Neumann	Aachen	Walzenkessel mit Siede- rohrkammern, System Neumann.	do.	do.	45,933	45,933	—	1,27	0,558	6,572	6,612	2,28	0,96	—	—	0,48	0,37
h	24. August	391	Ewald Berninghaus	Duisburg	Zweiflammrohrkessel mit Gallowayröhren und darüber liegendem Heizröhrenkessel.	do.	Innen- feuerung.	173,321	199,085	—	3,23	1,45	13,871	19,59	6,27	0,4	0,68 an den Gallo- wayröhren	0,493	0,73	0,6
i	25. August	509	Schulz Knautd & Co.	Essen a. d. Ruhr	Einflammrohrkessel.	do.	do.	36,15	36,15	—	1,467	0,34	17,162	17,95	7,343	0,43	1,207	—	0,76	0,39
k	28. August	391	Ewald Berninghaus	Duisburg	Zweiflammrohrkessel mit Gallowayröhren und darüber liegendem Heizröhrenkessel.	do.	do.	173,321	199,085	—	3,23	1,45	13,871	19,59	6,27	0,4	0,68 an den Gallo- wayröhren	0,493	0,73	0,68
l	29. August	400	A. Büttner & Co.	Uerdingen	Engröhriger Siederohr- kessel, Patent Büttner	Einbecker Stufenrost	Unter- feuerung.	86,966	86,966	9,81	1,168	0,64	3,95	2,787	1,88	1,263	—	—	0,687	0,59
m	30. August	525	Walther & Comp.	Kalk am Rhein	Engröhr. Siederohrkessel, Patent Walther.	Planrost.	do.	59,658	87,984	4,579	1,459	0,656	1,104	1,972	0,895	1,0	—	—	0,57	0,32

Tabelle 2. Die mechanischen Verhältnisse der Kessel. (Fortsetzung.)

	Datum der Untersuchung.	№ des Katalogs.	Des Ausstellers		Kessel-System.	Verdampfungsfläche zur benetzten Heizfläche.	Verhältniss der Total-Rostfläche zu					Des Kessels		Des Mauerwerks		Tafel №	Figur №
			Name oder Firma.	Wohnort.			der benetzten Heizfläche.	der freien Rostfläche.	dem Feuerzuge über der Feuerbrücke.	dem Querschnitt der Heizröhren.	dem Querschnitt des Schornstein-Canals.	Gewicht in kg.	Preis in Mark.	Inhalt in cbm.	Preis in Mark.		
	1.	2.	3.	4.	5.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.
a	1880 14. Juli	492	Jacques Piedboeuf	Düsseldorf	Zweiflammrohrkessel mit darüber liegendem Heizröhrenkessel.	1 : 12,9	1 : 42,9	2,2 : 1	9,1 : 1	5,9 : 1	4,62 : 1	16500	10750	53,05	975	14	3, 4, 5.
b	16. Juli	492	Jacques Piedboeuf	Aachen	Combinirter eng- u. weitröhriger Siederohrkessel, Patent Heine.	1 : 13,72	1 : 44,87	2,22 : 1	3,59 : 1	—	3,21 : 1	12440	9260	25,83	590	14	1, 2.
c	20. Juli	509	Schulz Knaudt & Co.	Essen a. d. Ruhr	Einflammrohrkessel mit rückkehrenden Heizröhren. Flammrohr-Patent Fox.	1 : 10,45	1 : 50,41	2,36 : 1	4,25 : 1	5,4 : 1	3,52 : 1	18800	11450	8,82	180	15	8, 9, 10.
d	23. Juli	483	K. & Th. Möller	Kupferhammer bei Brackwede	Zweiflammrohrkessel mit Gallowayröhren.	1 : 5,41	1 : 29,15	3 : 1	8,37 : 1	4,23 : 1 in den Flammröhren	6,81 : 1	19000	8560	44,05	940	15	1, 2, 3.
e	24. Juli	509	Schulz Knaudt & Co.	Essen a. d. Ruhr	Einflammrohrkessel, Flammrohr-Patent Fox.	1 : 4,55	1 : 53,2	4,31 : 1	3,4 : 1	1,2 : 1 im Flammrohr	1,93 : 1	16700	10680	36,9	750	15	4, 5, 6, 7.
f	25. Juli	517	L. & C. Steinmüller	Gummersbach	Engröhriger Siederohrkessel, Patent Steinmüller.	—	1 : 22,42	2,06 : 1	4,96 : 1	—	4,05 : 1	16000	9100	25,83	475	17	4, 5, 6, 7, 8.
g	14. August	488	F. A. Neumann	Aachen	Walzenkessel mit Siederohrkammern, System Neumann.	1 : 6,98	1 : 36,16	2,27 : 1	1,32 : 1	—	2,64 : 1	10280	4480	24,87	650	16	1, 2, 3.
h	24. August	391	Ewald Berninghaus	Duisburg	Zweiflammrohrkessel mit Gallowayröhren und darüber liegendem Heizröhrenkessel.	1 : 12,49	1 : 53,66	2,22 : 1	8,075 : 1	6,55 : 1	4,43 : 1	26400	13040	82,8	1270	16	4, 5.
i	25. August	509	Schulz Knaudt & Co.	Essen a. d. Ruhr	Einflammrohrkessel.	1 : 2,1	1 : 24,64	4,31 : 1	3,4 : 1	1,2 : 1 im Flammrohr	1,93 : 1	—	—	—	—	15	4, 5, 6, 7.
k	28. August	391	Ewald Berninghaus	Duisburg	Zweiflammrohrkessel mit Gallowayröhren und darüber liegendem Heizröhrenkessel.	1 : 12,49	1 : 53,66	2,22 : 1	8,075 : 1	6,55 : 1	4,43 : 1	26400	13040	82,8	1270	16	4, 5.
l	29. August	400	A. Büttner & Co.	Uerdingen	Engröhriger Siederohrkessel, Patent Büttner.	1 : 18,28	1 : 74,45	1,82 : 1	0,92 : 1	—	1,7 : 1	13000	8380	26,5	675	17	1, 2.
m	30. August	525	Walther & Comp.	Kalk am Rhein	Engröhr. Siederohrkessel, Patent Walther.	1 : 54,03	1 : 40,89	2,22 : 1	1,46 : 1	—	2,56 : 1	14000	6150	15,67	300	18	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Tabelle 4. Materialien.

Datum des Versuches	Luft			Tempe- ratur Celsius.	Wasser		Wassergehalt %	Kohlen			Dampf			Tempe- ratur Celsius im Fuchs.	Heizgase				Verhältnis der in den Rost einge- führten Luft zu derjeni- gen, welche zur Verbren- nung diente $\frac{O}{O_v}$	Differenz zwischen Druck der Atmosphäre und der Heizgase in mm Was- sersäule.
	Freien.	Kessel- haus	Baro- meter- stand mm.		gespeist kg nach Ausgleich des Wasser- standes.	verdampft nach Abzug des über- gerissenen in kg.		zum Anheizen ver- braucht kg.	zum Ver- such ver- braucht kg brutto.	zum Ver- such ver- braucht kg netto.	Wassergehalt %	Span- nung Atm. Über- druck.	Tem- peratur Celsius.		Zusammensetzung in Raum- Procenten					
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
1880																				
a 14. Juli	22,5	26,4	758,6	Min. 19,6 20,2 Max. 20,7	13348,46	13204,3	1,26	22,5 Holz u. 149,91 Kohlen	1473,95	1368,69	1,08	4,97	154,6	Min. 245 268 Max. 290	4,8 6,5 6,9 5,4	14,2 13,3 12,0 13,1	0,2 0,1 0,2 0,3	80,80 80,10 80,90 81,20	2,95 2,66 2,26 2,54	Min. 9,2 10,6 Max. 12,0
b 16. Juli	27,8	33,3	757,6	Min. 17,6 17,7 Max. 17,8	9869,1	9802,0	1,64	30 Holz und 139,7 Kohlen	1325,67	1209,49	0,68	4,96	154,3	Min. 240 278 Max. 316	7,85 9,06 7,50 6,70	10,75 8,60 11,30 12,40	2,10 1,95 0,95 0,70	79,30 80,45 80,25 80,10	2,038 1,67 2,11 2,38	Min. 8,3 9,9 Max. 11,5
c 20. Juli	20,8	28	758,4	Min. 19 20,4 Max. 21,4	12901,2	12817,35	1,26	10 Holz und 194,3 Kohlen	1410,24	1289,98	0,65	4,97	154,5	Min. 130 167,5 Max. 205	7,20 10,95 10,20 9,80	11,75 7,40 8,40 8,90	0,15 0,85 0,40 0,20	80,90 80,80 81,00 81,10	2,20 1,52 1,64 1,69	Min. 10 12 Max. 14
d 23. Juli	22,6	26,9	756,7	Min. 17,9 18 Max. 18,2	12766	12570,69	1,86	15 Holz und 114 Kohlen	1515,46	1384,89	1,53	5,02	155	Min. 245 272,5 Max. 300	6,80 9,75 9,50 11,10	12,00 9,45 9,60 7,55	0,85 0,00 0,10 0,20	80,35 80,80 80,80 81,15	2,27 1,78 1,8 1,53	Min. 10 11,5 Max. 13
e 24. Juli	23,1	26,25	754,8	Min. 18 18,5 Max. 19	11200,80	11093,9	1,57	12 Holz und 283,4 Kohlen	1169,52	1083,59	0,91	4,93	154,3	Min. 180 197 Max. 214	9,90 8,15 8,40 8,00	8,50 10,75 10,60 11,05	0,15 0,20 0,60 0,65	81,45 80,95 80,40 80,30	1,64 2,00 1,95 2,07	Min. 7,5 8,85 Max. 10,2
f 25. Juli	28,4	33,5	753,6	Min. 18,2 18,4 Max. 18,6	11914,05	11889,04	1,48	20 Holz und 85,6 Kohlen	1625,85	1511,30	0,21	5,022	154,44	Min. 200 275 Max. 350	8,05 8,60 9,55 8,70	10,00 8,25 8,20 10,20	0,60 2,25 1,75 0,50	81,35 80,90 80,50 80,60	1,86 1,62 1,62 1,90	Min. 11 12,25 Max. 13,5
g 14. Aug.	22,1	27,9	754,3	Min. 19,5 20,5 Max. 22,5	5214,5	5175,92	1,75	10,3 Holz u. 107,25 Kohlen	718,61	654,75	0,74	5,07	155,1	Min. 226 242 Max. 258	5,50 7,80 5,45 6,00 5,20	13,60 11,00 14,05 13,20 14,25	0,25 0,95 0,45 0,30 0,25	80,60 80,25 80,05 80,50 80,30	2,74 2,06 2,94 2,61 3,01	Min. 3,6 5,0 Max. 6,4
h 24. Aug.	25,5	28,5	755	Min. 19 19 Max. 19	17432,7	16925,41	1,92	24 Holz und 170,2 Kohlen	1845,32	1704,88	2,91	5,26	156	Min. 165 186,5 Max. 208	6,95 10,20 10,20 9,00	11,75 8,60 8,50 10,05	0,10 0,00 0,10 0,10	81,20 81,10 81,20 80,85	2,09 1,66 1,65 1,88	Min. 5,5 7,0 Max. 8,5
i 25. Aug.	24,6	27,8	755,7	Min. 19 19,1 Max. 19,2	8304,95	7883,89	2,15	18 Holz u. 294,15 Kohlen	1120,5	1021,78	5,07	5,00	153,7	Min. 395 422,5 Max. 450	8,10 14,60 10,15 11,40	10,70 4,30 8,65 7,55	0,00 0,00 0,35 0,00	81,20 81,10 80,85 81,05	1,28 1,27 1,67 1,53	Min. 11,5 13,1 Max. 14,7
k 28. Aug.	23,6	27,75	759	Min. 19 20,2 Max. 22	18157,27	17917,59	3,51	20 Holz und 180,3 Kohlen	1962,57	1778,20	1,32	5,00	153,8	Min. 140 170 Max. 200	11,70 12,25 10,00 9,95	6,40 5,70 9,10 8,95	0,40 1,25 0,80 0,60	81,50 80,80 80,10 80,50	1,42 1,36 1,73 1,71	Min. 4,5 8,1 Max. 11,7
l 29. Aug.	25,2	30,7	755,9	Min. 19 19 Max. 19	13528	12310,48	1,67	13,5 Holz u. 189,75 Kohlen	1415,7	1315,21	9,00	5,00	153,6	Min. 170 202 Max. 235	6,50 5,60 5,30 5,30	12,60 13,90 13,60 13,70	0,70 0,40 1,00 1,20	80,20 80,10 80,10 79,80	2,19 2,88 2,76 2,82	Min. 12 14,0 Max. 16
m 30. Aug.	22,4	26	754,5	Min. 18,3 18,4 Max. 18,5	7724	7329,27	1,78	16 Holz und 155,2 Kohlen	996,51	889,13	5,24	4,9	154,6	Min. 180 200 Max. 220	4,75 4,30 3,50 3,30	14,65 15,20 16,10 16,20	0,60 0,40 0,40 0,50	80,00 80,10 80,00 80,00	3,21 3,5 4,11 4,19	Min. 10 11,25 Max. 12,5
															3,96	15,56	0,48	80,00	3,74	



Tabelle 5. Leistung der Kessel.

	Wirklich verdampftes (nicht überhitztes) Wasserquantum				Verbrauchtes Brutto-Kohlen- quantum		Absolute Dampf- pression in (neuen) Atmosph.	Tempe- ratur Celsius des Dampfes (ge- messen).	Gesamt- Wärme.	Tempe- ratur des Speise- wassers.	Erzeu- gungs- Wärme.	Coeffi- cient.	Kilogramme Dampf von 600 Calorien Erzeugungs-Wärme			
	pr. kg Kohle		pr. Stunde u. qm		pr. Stunde u. qm								pro 1 kg Kohle brutto.	pro Stunde u. 1 qm Heiz- fläche.	pro 1 kg Kohle netto.	pro Stunde u. 1 qm Wasser- spiegel.
	brutto.	netto.	Heiz- fläche.	Verdam- pfungs- Oberfläche.	Rost- fläche.	Heiz- fläche.										
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
a	8,958	9,65	12,388	159,88	59,39	1,38	6,00	154,6	654,7	20,2	634,5	1,057	9,469	10,200	13,094	168,993
b	7,39	8,10	15,169	208,26	92,04	2,05	5,99	154,3	654,7	17,7	637,0	1,062	7,848	8,602	16,109	221,172
c	9,088	9,94	16,6	173,67	96,32	1,82	6,00	154,5	654,7	20,4	634,3	1,057	9,606	10,507	17,546	183,569
d	8,29	9,08	15,84	85,86	55,71	1,91	6,05	155,0	654,8	18,0	636,8	1,061	8,796	9,634	16,806	91,097
e	9,49	10,24	17,74	80,83	99,65	1,86	5,96	154,3	654,6	18,5	636,1	1,060	10,059	10,854	18,804	85,680
f	7,31	7,87	22,09	—	67,74	3,02	6,04	154,4	654,8	18,4	636,4	1,061	7,756	8,350	23,437	—
g	7,20	7,91	14,08	98,44	70,72	1,95	6,09	155,1	654,9	20,5	634,4	1,057	7,610	8,361	14,883	104,051
h	9,17	9,93	12,2	152,52	71,41	1,33	6,29	156,0	655,2	19,0	636,2	1,060	9,720	10,526	12,932	161,671
i	7,03	7,72	27,26	56,7	95,47	3,87	6,03	153,7	654,7	19,1	635,6	1,059	7,445	8,175	28,868	60,045
k	9,12	10,08	12,9	161,46	75,95	1,41	6,03	153,8	654,7	20,2	634,5	1,057	9,640	10,654	13,635	170,663
l	8,69	9,36	17,56	417,7	151,50	2,03	6,03	153,6	654,7	19,0	635,7	1,060	9,211	9,922	18,614	442,762
m	7,35	8,24	15,35	829,84	85,37	2,08	5,92	154,6	654,5	18,4	636,1	1,060	7,791	8,734	16,271	879,630

Tabelle 6. Die Beschickung des Rostes.

Datum des Versuches.	Kohlen- Ver- brauch Brutto in kg.	Feuer- thür geöffnet in Summa.	Feuer				Rost von unten gerei- nigt.	Summa		Gewicht in kg		Zeit in M. zwischen zwei auf- einander folgenden Chargen.	Rauch- schieber verstellt (Anzahl).	Bemerkungen.
			be- schickt.	geschürt.	aufge- brochen.	abge- schlackt.		der aufgew. Schippen Kohle.	der aufgew. Schippen Asche.	der Kohle pr. Schippe.	der Kohle pr. Charge.			
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
1880.														
a	14. Juli	1473,95	256	165	91	—	—	538	39	2,74	8,93	2,9	3	
b	16. Juli	1360,2	199	141	56	2	—	453	5	3	9,64	3,4	1	
c	20. Juli	1441,8	221	214	7	—	—	519	—	2,77	6,73	2,24	1	
d	23. Juli	1549,4	238	170	67	1	—	692	35	2,24	9,11	2,64	18	Rauchschieber beim Be- schicken des Rostes ge- schlossen.
e	24. Juli	1216,5	231	211	18	2	—	433	—	2,81	5,76	2,27	7	
f	25. Juli	1671,6	94	94	—	—	—	501	8	3,33	17,78	5,1	4	Heizer schliesst den Rauch- schieber beim Schüren.
g	14. August	723,15	131	114	—	—	1	309	16	2,34	6,34	4,21	—	Rauchschieber durch Vor- richtung beim Öffnen der Feuerthür geschl.
h	24. August	1872,3	246	178	66	2	—	713	30	2,62	10,51	2,69	—	Desgleichen.
i	25. August	1162,35	218	202	16	—	—	432	8	2,69	5,75	2,37	—	
k	28. August	1990	268	194	72	2	—	724	16	2,74	10,25	2,47	4	Rauchschieber durch Vor- richtung beim Öffnen der Feuerthür geschl.
l	29. August	1415,7	82	82	—	55	—	324	—	4,36	17,26	5,85	—	
m	30. August	1034,8	264	178	178	—	—	349	4	2,96	5,81	2,69	—	

Tabelle 7. Die Speisung der Kessel.

	Datum des Versuches.	Speisepumpe in Betrieb					Wasser			Pumpe Nr.
		Summa in Minuten.	Gesamttourenzahl.	Anzahl der Speisep perioden.	Durchschnittl. Tourenzahl pr. Minute.	Zeit in Minuten zwischen zwei Speisep perioden.	Gesamtt-Quantum.	Quantum pr. Speisung.	Quantum pr. Pumpenhub.	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	1880.									
a	14. Juli	113,0	3401	30	30	12,2	13403	446,8	3,94	I.
b	16. Juli	92,5	2525	19	27,3	20,4	9898,5	521	3,92	
c	20. Juli	166	6315	19	38	16,5	12901,2	679	2,04	II.
d	23. Juli	207	11050	13	53,3	21	12674,5	974,9	1,1147	III.
e	24. Juli	129	5021	12	39	29	11406,6	950,5	2,27	II.
f	25. Juli	116	3055	40	26,3	9	11914,05	297,85	3,9	I.
g	14. August	149	4653	27	31,2	12	5214,5	193,13	1,12	IV.
h	24. August	167	7111	20	42,5	15	17551,2	877,56	2,46	II.
i	25. August	77	3385	7	44	57	8528,05	1218,29	2,52	II.
k	28. August	173	7393	23	42,7	13,4	18660,9	811,3	2,52	II.
l	29. August	134	3429	25	25,59	13,84	13528	541,1	3,94	I.
m	30. August	92	1979	35	21,5	11,1	7724	220,7	3,9	I.

Tabelle 8. Vergleichung der Leistungen der Kessel und ihrer hauptsächlichsten Ursachen.

Stelle in Bezug auf Leistung.	Buchstabe.	Firma.	Kessel-System.	Leistung. Kilogramm Dampf pro 1 k Kohle netto.	Anstrengung. Kilogramm Dampf pro 1 qm Heizfläche u. Stde.	Luftmenge.	CO %.	Temperatur Celsius im Fuchs.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1	e	Schulz Knautd & Co. in Essen a. d. Ruhr.	Gewelltes Einflammrohr.	10,854	18,804 (10)	1,91 (7)	0,40 (5—6)	197 (4)
2	k	Ewald Berninghaus in Duisburg.	Combinirter Galloway- und Rauchröhren-Kessel, mehr forcirter Betrieb.	10,654	13,635 (3)	1,55 (1)	0,76 (9)	170 (2)
3	h	Ewald Berninghaus in Duisburg.	Combinirter Galloway- und Rauchröhren-Kessel, minder forcirter Betrieb.	10,526	12,932 (1)	1,82 (5—6)	0,08 (1)	186,5 (3)
4	c	Schulz Knautd & Co. in Essen a. d. Ruhr.	Gewelltes Einflammrohr combinirt mit Rauchröhren.	10,507	17,546 (8)	1,75 (3—4)	0,40 (5—6)	167,5 (1)
5	a	Jacques Piedboeuf in Düsseldorf.	Zweiflammrohr combinirt mit Heizröhren.	10,200	13,094 (2)	2,58 (9)	0,2 (3)	268 (8)
6	l	A. Büttner & Co. in Uerdingen.	Enge Siederöhren.	9,922	18,614 (9)	2,68 (11)	0,80 (10)	202 (6)
7	d	K. & Th. Möller in Kupferhammer.	Galloway-Kessel.	9,634	16,806 (7)	1,82 (5—6)	0,29 (4)	272,5 (9)
8	m	Walther & Co. in Kalk bei Cöln.	Enge Siederöhren.	8,734	16,271 (6)	3,74 (12)	0,48 (8)	200 (5)
9	b	Jacques Piedboeuf in Aachen.	Eng- und weitröhriger Siederohr-Kessel.	8,602	16,109 (5)	2,01 (8)	1,43 (12)	278 (11)
10	g	F. A. Neumann in Aachen.	Walzenkessel mit engen Siederöhren.	8,361	14,883 (4)	2,67 (10)	0,44 (7)	242 (7)
11	f	L. & C. Steinmüller in Gummersbach.	Enge Siederöhren.	8,350	23,437 (11)	1,75 (3—4)	1,28 (11)	275 (10)
12	i	Schulz Knautd & Co. in Essen a. d. Ruhr.	Heizfläche ausschliesslich ein gewelltes Flammrohr.	8,175	28,868 (12)	1,60 (2)	0,09 (2)	422,5 (12)

## IX. Versuche an Kohlen.

Die Versuche an Kohlen wurden vorgenommen an den Förderungen von 9 Kohlengruben.

Die Kohlen der Zeche „Königin Elisabeth in Essen“ waren es, welche, wie im Abschnitt VI, a. erwähnt ist, ausschliesslich zu den Kesserversuchen benutzt wurden.

Die Leistung dieser Kohlen unter den verschiedensten Umständen ist daher ausführlich enthalten in den Tabellen (2—8) der Resultate der Versuche an Kesseln (Abschnitt VIII).

Die übrigen Kohlensorten konnten natürlich nicht einer so ausgedehnten Probe unterworfen werden.

Um ihren Heizwerth gegen einander richtig abwägen zu können, wurden sie alle unter dem nämlichen Kessel verfeuert; und zwar wurde hierzu hauptsächlich aus Rücksicht auf die örtlichen Verhältnisse und die Bedürfnisse der Ausstellung der Kessel (d) der Firma „K. & Th. Möller in Kupferhammer bei Brackwede“, Fig. 1, 2 und 3 der Tafel 15, gewählt.

Der Kessel wurde stets nach je zwei Versuchen, welche mit den Kohlen der nämlichen Zeche angestellt waren, von aussen gründlich gereinigt. Eine innere Reinigung des Kessels erwies sich des sehr reinen Speisewassers wegen als unnöthig.

Um aber der Eigenart jeder Kohle möglichst gerecht zu werden, wurden mit jeder Kohlensorte zwei Versuche angestellt, und zwar die eine mit engen und die andere mit weiten Rostspalten.

Der enge Rost war ein schmiedeeiserner und hatte 3,4 qm totale und 1,52 qm freie Rostfläche.

Der weite Rost dagegen war ein gusseiserner mit 3,4 qm totaler und 1,07 qm freier Rostfläche.

Die den Versuchen unterworfenen Kohlen stammten von folgenden Gruben:

- a. b. Gelsenkirchner Bergwerks - Actien - Gesellschaft, Vereinigte Rhein-Elbe & Alma bei Gelsenkirchen; Flammkohle von Schacht Alma.
- c. d. Bergwerks - Gesellschaft Vereinigter Bonifacius bei Gelsenkirchen; Zeche Bonifacius bei Kray, Reg.-Bez. Düsseldorf.
- e. f. g. h. Vereinigungs - Gesellschaft für Steinkohlenbau im Wurmrevier zu Kohlscheid.
- Die Versuche e. und h. wurden mit Briquets, die Versuche f. und g. dagegen mit Flammkohle von Grube Gouley angestellt.
- i. k. Magdeburger Bergwerks - Actien - Gesellschaft; Zeche Königsgrube bei Wanne.
- l. m. Steinkohlen - Bergwerk Zollverein, Zeche Zollverein bei Altenessen.
- n. o. Bergbau - Gesellschaft Holland in Wattenscheid.
- p. q. Bergbau - Actien - Gesellschaft Pluto, Zeche Pluto bei Wanne in Westfalen.
- r. s. Gewerkschaft Vereinigte Germania, Zeche Vereinigte Germania bei Marten.
- t. Gewerkschaft der Zeche Königin Elisabeth in Essen.

Die Resultate der Untersuchungen sind enthalten in den nachfolgenden Tabellen 9 bis 14, über welche, nach dem, was über die Untersuchungen an Kesseln bereits gesagt ist, Nichts mehr braucht hinzugefügt zu werden.

Tabelle 9. Zusammensetzung der Kohlen.

Name der Zeche.	Durchschnittliche Zusammensetzung der Kohlen in Procenten						Vergasbarer Theil.	Koks.	Theoretischer Heizwerth der Kohle in Calorien X.	Art des Brennmaterials.
	hygrosc. Wasser.	C.	H.	O und N.	Gesammt S.	Asche.				
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
a, b Rhein-Elbe & Alma.	1,52	81,38	5,03	4,38	2,08	5,61	32,68	67,32	8136,964	Flammkohle.
c, d Bonifacius.	1,79	80,88	5,51	4,53	1,37	5,92	30,52	69,48	8255,417	do.
e, f Kohlscheid, Vereinigungs-Gesellschaft.	2,58	84,94	3,99	2,89	0,80	4,80	16,61	83,39	8130,258	Briquets.
g, h Kohlscheid, Vereinigungs-Gesellschaft.	1,20	87,86	5,21	0,95	0,74	4,04	13,00	87,00	8870,386	Flammkohle.
i, k Königsgrube.	5,27	72,21	4,83	8,91	1,38	7,40	37,16	62,84	7132,054	do.
l, m Zollverein.	4,08	76,92	4,69	6,51	1,54	6,26	31,80	68,20	7567,728	do.
n, o Holland.	1,97	81,61	4,56	7,11	1,25	3,50	28,96	71,04	7876,061	do.
p, q Pluto.	1,52	83,84	4,78	6,63	1,15	2,08	25,20	74,80	8152,720	do.
r, s Germania.	1,52	80,83	4,42	5,90	1,12	6,21	28,11	71,89	7816,834	do.
t Königin Elisabeth.	1,26	85,62	5,30	3,00	1,10	3,72	19,40	80,60	8632,187	do.

# Tabelle 10. Kohlenverbrauch.

	Datum der Untersuchung.	Total Kohlen- verbrauch.	Zum Ausgleich vom Rost gezogen.							Brutto Kohlen- verbrauch.	Wasser- gehalt der Kohle am Versuchs- tage.	Kohlenver- brauch nach Abzug des Wasser- gehaltes.	Rückstände		Netto Kohlen- verbrauch in kg.	Unverbrennbare Rückstände	
			Total in kg.	Wasser- gehalt in %.	Nach Abzug des Wasser- gehalts.	Gehalt an Literproc.	Auf C reducirt in kg.	Auf Kohle reducirt.	Auf Kohle mit dem Wassergehalt des Versuchs- tages reducirt.				Schlacke.	Asche.		Schlacke.	Asche.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
a	11. September	2178,35	21,05	17,3	17,41	62,10	10,81	13,28	13,46	2164,89	1,39	2134,80	131,37	70,55	1932,88	94,43	35,33
b	12. September	2547,20	15,40	2,62	15,00	73,18	10,98	13,49	13,66	2533,54	1,26	2501,62	130,12	111,81	2259,69	109,46	42,89
c	13. September	1987,50	15,45	2,18	15,08	67,70	10,21	12,62	12,86	1974,64	1,89	1939,28	128,33	95,8	1715,15	89,21 3kg Steine	28,89
d	14. September	2200,10	15,00	3,60	14,46	79,66	11,52	14,24	14,52	2185,58	1,98	2142,31	197,98	58,8	1885,56	115,94	19,47
e	15. September	2204,8	111,9	6,70	104,40	80,70	84,25	99,18	101,58	2103,22	2,42	2052,32	208,41	78,2	1765,71	77,53	29,04
f	16. September	2209,95	38,4	0,70	38,13	89,72	34,21	38,93	39,49	2170,46	1,44	2139,21	229,91	58,1	1851,21	77,94	20,87
g	17. September	2203,4	81,4	9,48	73,68	65,72	48,42	55,11	56,03	2147,37	1,68	2111,30	113,33	60,65	1937,32	81,24	8,07
h	18. September	1945,6	105,4	1,44	103,88	82,46	85,66	100,84	103,11	1842,49	2,25	1801,04	87,56	97,8	1615,68	64,03	38,9
i	21. September	2542,4	72,15	8,44	66,06	66,76	44,10	61,07	63,99	2478,41	4,79	2369,70	194,38	53,3	2122,02	171,6	16,73
k	22. September	2531,2	35,3	8,24	32,40	71,76	23,25	32,19	33,58	2497,64	4,32	2389,74	238,52	50,00	2101,22	164,82	22,93
l	23. September	2214,8	64,2	13,70	55,41	80,70	44,72	58,13	60,17	2154,63	3,51	2079,00	296,09	35,7	1747,21	129,69	21,56
m	24. September	2476,9	88,5	2,90	85,94	78,58	67,53	87,79	90,37	2386,51	2,94	2316,35	241,26	46,4	2028,69	154,83	15,26
n	25. September	2510,95	109,1	2,88	105,96	86,12	91,25	111,81	114,58	2396,37	2,48	2336,95	280,67	27,4	2028,88	91,67	6,45
o	26. September	2775,5	61,1	4,72	58,22	71,08	41,38	50,70	52,20	2723,30	2,98	2642,15	182,24	29,8	2430,11	81,83	14,51
p	27. September	2135,55	87,6	4,00	84,1	87,44	73,54	87,71	89,22	2046,33	1,77	2010,11	62,98	32,0	1915,13	43,26	16,21
q	28. September	2322,00	101,2	16,20	84,81	72,76	61,71	73,60	75,09	2246,91	2,02	2201,52	93,46	43,6	2064,46	55,33	15,46
r	29. September	2284,5	94,1	12,04	82,77	77,56	64,19	79,41	81,11	2203,39	2,14	2156,24	183,51	54,4	1918,33	139,32	13,45
s	2. October	2285,8	71,4	8,12	65,60	74,96	49,17	60,83	62,50	2223,30	2,75	2162,16	167,94	32,00	1962,22	137,04	16,23

Tabelle II. Materialien.

Datum des Versuches	Luft			Wasser			Kohlen		Dampf			Heizgase				Verhältniss der in den Rost eingeführten Luft zu derjenigen, welche zur Verbrennung diente $\frac{O}{O_v}$	Differenz zwischen Druck der Atmosphäre und der Heizgase in mm Wassersäule.	Temperatur der Heizgase hinter den Flammrohren.		
	Freien.	Kesselhaus.	Barometerstand mm	Temperatur Celsius.	gespeist kg nach Ausgleich des Wasserstandes.	verdampft nach Abzug des übergerissenen in kg.	Wassergehalt $\frac{O}{10}$	zum Versuch verbraucht kg brutto.	zum Versuch verbraucht kg netto.	Wassergehalt $\frac{O}{10}$	Spannung Atm. Ueberdruck.	Temperatur Celsius.	Temperatur Celsius im Fuchs.	Zusammensetzung						
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
1880																				
a 11. Sept.	23,5	27,5	751,95	18,47	15440,6	15314,0	1,39	2164,89	1932,88	0,82	5,04	154,25	Min. 220 247 Max. 285	7,7 13,4 12,3 12,3	11,2 4,1 4,1 5,78	0,4 1,2 2,6 1,02	80,7 81,3 81,0 80,9		Min. 10 11,35 Max. 13	Min. 400 482,5 Max. 560
b 12. Sept.	20,3	25,8	751,8	18,46	18493,3	18302,8	1,26	2533,54	2259,69	1,03	5,11	154,8	Min. 224 250,8 Max. 265	11,43 12,9 13,1 13,3 12	6,29 5,4 3,3 4 5,7	1,3 1,5 3 1,6 0,6	80,98 80,2 80,6 80,1 80,7	1,41	Min. 8 12 Max. 14	Min. 390 527,6 Max. 590 4
c 13. Sept.	20,09	22,15	749,6	18,13	15606,3	15476,8	1,89	1974,64	1715,15	0,83	5,02	—	Min. 190 241,2 Max. 253	12,82 10,6 11,2 10,5 9,2	4,6 7,4 7,9 8,5 9,0	1,68 0,2 0,9 0,4 2,0	80,9 81,8 80,0 80,6 79,3	1,27	Min. 11 13,13 Max. 15,5	Min. 460 500 Max. 550
d 14. Sept.	19,5	21	751,7	18	16627,5	16486,2	1,98	2185,58	1885,56	0,85	5	155	Min. 278 291 Max. 360	10,5 10,3 13,3 13,0 12,6	8,2 8,3 4,3 4,5 5,6	0,88 0,0 1,0 1,0 0,5	80,42 81,4 81,4 81,5 81,3	1,62	Min. 11 12 Max. 13	Min. 420 471 Max. 500
e 15. Sept.	18,7	20,05	743,8	18	16112,5	15998,1	2,42	2103,22	1765,71	0,71	5,01	154,01	Min. 248 270,5 Max. 300	12,3 13,30 11,82 12,14 14,04 13,84	5,68 2,80 2,98 3,44 3,14 3,42	0,62 0,69 1,20 0,34 1,62 0,54	81,4 83,30 84,00 84,08 81,20 82,18	1,36	Min. 10,3 12,2 Max. 14	Min. 380 412 Max. 452
f 16. Sept.	18	19,75	747,1	18	16418,5	16285,5	1,44	2170,46	1851,21	0,81	5	154	Min. 237 265 Max. 310	13,03 12,43 11,92 12,30 13,08 13,90	3,16 2,59 3,24 5,55 5,02 4,50	0,86 5,30 3,88 0,65 0,50 0,75	82,95 79,68 80,26 81,50 81,40 80,85	1,17	Min. 10 11,5 Max. 12,6	Min. 408 472 Max. 548
g 17. Sept.	20	23,5	750,5	17,7	18706,5	18500,7	1,68	2147,37	1937,32	1,1	5	154,03	Min. 238 251,5 Max. 275	12,73 12,70 13,20 12,60 12,50	4,18 3,60 5,10 5,80 6,50	2,21 4,00 0,70 1,60 1,30	80,88 79,70 81,00 80,00 79,70	1,24	Min. 9,5 11,53 Max. 13	Min. 420 476,4 Max. 500
h 18. Sept.	20	22,05	755,2	17,5	16807,1	16652,5	2,25	1842,49	1615,68	0,92	5	154,06	Min. 228 250,7 Max. 268	12,75 11,30 10,60 10,20 10,10	5,25 7,50 8,90 9,30 7,10	1,90 0,10 0,00 0,10 0,40	80,10 81,10 80,50 80,40 80,40	1,33	Min. 9,5 10,86 Max. 12,5	Min. 400 460,7 Max. 505
i 21. Sept.	13,3	16,1	755,5	17	16649,5	16508,0	4,79	2478,41	2122,02	0,85	5	154,12	Min. 148 161,7 Max. 176	11,05 12,90 13,00 12,30 11,90 12,40	8,20 5,10 5,90 6,40 6,60 6,00	0,15 1,30 0,60 0,90 0,40 0,40	80,60 80,70 80,50 80,40 81,10 81,20	1,62	Min. 9,5 11,6 Max. 13	Min. 410 428 Max. 452
k 22. Sept.	14,75	17,5	757	17	17037,55	16891,0	4,32	2497,64	2101,22	0,86	5	154,03	Min. 140 178 Max. 200	12,50 12,10 12,30 12,40 12,60	6,00 4,30 6,00 6,00 5,90	0,72 2,80 1,20 0,20 0,20	80,78 80,80 80,50 81,40 81,30	1,39	Min. 10 12,1 Max. 15	Min. 425 484,7 Max. 540
l 23. Sept.	18	20,7	758,16	17	15502,5	15409,5	3,51	2154,63	1747,21	0,60	5	154	Min. 170 212 Max. 242	12,35 12,20 11,00 9,00 10,20	5,55 4,30 7,60 11,40 9,2	1,10 2,70 0,60 0,00 0,00	81,00 80,80 80,80 79,60 80,60	1,35	Min. 9 11,84 Max. 13	Min. 398 433 Max. 500
m 24. Sept.	16,08	19,66	758,3	16,5	18920,8	18746,7	2,94	2386,51	2028,69	0,92	5	154	Min. 216 240,4 Max. 272	10,60 11,80 12,60 11,10 11,60	8,12 6,80 5,60 7,80 7,00	0,83 0,00 0,20 0,00 0,30	80,45 81,40 81,60 81,10 81,10	1,61	Min. 8,5 11,85 Max. 14	Min. 450 490,3 Max. 540
n 25. Sept.	19,4	22,2	758,75	16,8	17392,6	17295,2	2,48	2396,37	2028,88	0,56	5	154,9	Min. 180 215,5 Max. 236	11,78 13,60 11,80 11,70 11,70	6,80 4,40 5,10 5,80 7,40	0,12 0,20 1,70 1,30 0,60	81,30 81,80 81,40 81,20 81,30	1,46	Min. 10 11,45 Max. 13	Min. 380 435 Max. 495
														11,95	5,67	0,95	81,43	1,35		

Tabelle II. Materialien. (Fortsetzung.)

Datum des Versuches	Luft			Wasser			Kohlen		Dampf			Heizgase				Verhältniss der in den Rost eingeführten Luft zu derjenigen, welche zur Verbrennung diente $\frac{O}{O_v}$	Differenz zwischen Druck der Atmosphäre und der Heizgase in mm Wassersäule.	Temperatur der Heizgase hinter den Flammrohrren.		
	Freien.	Kesselhaus.	Barometerstand mm	Temperatur Celsius.	gespeist kg nach Ausgleich des Wasserstandes.	verdampft nach Abzug des übergerissenen in kg.	Wassergehalt $\frac{0}{100}$	zum Versuch verbraucht kg brutto.	zum Versuch verbraucht kg netto.	Wassergehalt $\frac{0}{100}$	Spannung Atm. Ueberdruck.	Temperatur Celsius.	Temperatur Celsius im Fuchs.	Zusammensetzung						
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
1880																				
o 26. Sept.	17,7	20,6	763,6	17	19067,9	18888,7	2,98	2723,30	2430,11	0,94	5	154	Min. 204 239,4 Max. 300	13,10 12,00 11,30 10,70	4,90 4,90 5,50 5,90	0,20 1,50 2,10 2,80	81,80 81,60 81,10 80,60		Min. 10 12,02 Max. 15,5	Min. 430 502,8 Max. 565
p 27. Sept.	20,9	22,6	763,46	16,5	17020,15	16899,31	1,77	2046,33	1915,13	0,71	5	154	Min. 228 240,2 Max. 249	13,00 13,10 10,50 10,80	5,20 5,10 8,80 8,80	0,00 0,00 0,00 0,00	81,80 81,80 80,70 80,40	1,33	Min. 10 11,06 Max. 12,00	Min. 410 429,8 Max. 465
q 28. Sept.	19,6	20,8	766,73	16,25	17675,1	17547,8	2,02	2246,91	2064,46	0,72	5,003	155	Min. 228 249 Max. 272	11,72 13,30 12,20 13,10	6,08 5,40 6,80 5,00	0,00 0,00 0,00 0,40	82,20 81,30 81,00 81,50	1,48	Min. 10,5 12,17 Max. 14	Min. 430 463 Max. 540
r 29. Sept.	16,4	19,5	767,05	16	18778,9	18656,8	2,14	2203,39	1918,33	0,65	5	155	Min. 248 253,5 Max. 264	13,20 13,20 12,80 13,60	5,00 5,30 5,70 5,20	0,00 0,00 0,00 0,10	81,80 81,50 81,50 81,10	1,37	Min. 11 12,4 Max. 13,5	Min. 410 445 Max. 489
s 2. Octbr.	17	20,15	764,2	16,25	17733,24	17625,1	2,75	2223,30	1962,22	0,61	5	155	Min. 215 237,6 Max. 248	13,00 12,50 13,20 12,00	4,80 5,70 4,90 6,50	0,50 0,30 0,40 0,00	81,70 81,50 81,90 81,50	1,33	Min. 12,5 13,8 Max. 15	Min. 360 439,7 Max. 480
														12,67	5,38	0,30	81,65	1,33		

Tabelle 12. Die Speisung der Kessel.

	Datum des Versuches.	Speisepumpe in Betrieb				Wasser			
		Summa in Minuten.	Gesamt-Tourenzahl.	Anzahl der Speisep perioden.	Durchschnittliche Tourenzahl pr. Minute.	Zeit zwischen zwei Speisep perioden.	Gesamt-Quantum.	Quantum pr. Speisung.	Quantum pr. Pumpenhub.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
	1880								
a	11. September	282	13046	14	46,3	14,1	15456,6	1104	1,1847
b	12. September	263	15600	18	59,3	12	18566,5	1031,4	1,1901
c	13. September	217	13091	13	60,3	20,23	15606,3	1200,5	1,1921
d	14. September	267	14063	18	52,7	11,8	16627,5	923,7	1,1823
e	15. September	302	13639	17	45,2	10,5	16112,5	947,7	1,1813
f	16. September	315	14028	17	44,5	9,7	16418,5	965,8	1,1704
g	17. September	287	15928	19	55,5	10,1	18706,5	984,5	1,1744
h	18. September	263	14342	16	54,5	13,56	16770,5	1048,1	1,1693
i	21. September	285	14184	18	49,7	10,8	16649,5	924,9	1,1738
k	22. September	284	14536	17	51,2	11,5	17114,15	1006,7	1,1773
l	23. September	311	13211	16	42,5	10,56	15447,6	965,4	1,1693
m	24. September	293	16164	18	55,16	10,4	19030,6	1057,2	1,1773
n	25. September	283	14807	14	52,3	14	17392,6	1242,3	1,1746
o	26. September	301	16552	18	55	9,9	19470,5	1081,7	1,1763
p	27. September	288	14607	18	50,7	10,7	17129,95	951,66	1,1727
q	28. September	283	15109	20	53,4	9,8	17675,1	883,7	1,1698
r	29. September	306	16000	18	52,28	9,7	18815,5	1045,3	1,1759
s	2. October	301	15371	20	51	8,95	17733,24	886,66	1,1601

Tabelle 13. Die Beschickung des Rostes.

	Datum des Versuches.	Kohlen- Verbrauch Brutto in kg.	Feuer- thür geöffnet in Summa.	F e u e r				Rost von unten gereinigt.	Summa der aufgew. Schippen Kohle.	Summa der aufgeworfenen Schippen Asche.	Gewicht in kg		Zeit in Min. zwischen zwei auf- einander folg. Chargen.	Rauchschieber verstellt.	Bemerkungen.
				be- schickt.	ge- schürt.	aufge- brochen.	abge- schlackt.				der Kohle pr. Schippe.	der Kohle pr. Charge.			
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
a	1880. 11. September	2178,35	183	120	44	17	2	—	652	—	3,34	18,15	4	3 Beim Schüren geschlossen	Enger Rost.
b	12. September	2547,2	208	161	39	8	—	6	750	1mal etwas Asche über die Kohlen	3,39	15,82	3	2	Weiter Rost.
c	13. September	1987,5	217	151	66	—	—	—	599	23mal Asche über die Kohlen	3,31	13,16	3,17	— Beim Schüren geschlossen	Weiter Rost.
d	14. September	2200,1	206	141	56	5	4	—	570	6mal Asche über die Kohlen	3,86	15,6	3,4	4 Beim Schüren geschlossen	Enger Rost.
e	15. September	2204,8	276	259	6	9	2	einigemal	763	2mal gezogen	2,89	8,51	1,85	2 Beim Schüren geschlossen	Enger Rost; Briquets.
f	16. September	2209,95	235	226	4	3	2	—	706	1mal gezogen	3,13	9,77	2,12	5 Beim Schüren geschlossen	Enger Rost; Flammkohle.
g	17. September	2203,4	240	238	2	—	—	9	755	4mal gezogen	2,92	9,25	2,01	3 Beim Schüren geschlossen	Weiter Rost; Flammkohle.
h	18. September	1945,6	209	200	1	8	—	4	671	2mal gezogen	2,89	9,72	2,4	5 Beim Schüren geschlossen	Weiter Rost; Briquets.
i	21. September	2542,4	242	231	6	5	—	6	720	3mal gezogen	3,53	11,00	2,07	3 Beim Schüren geschlossen	Weiter Rost; Briquets.
k	22. September	2531,2	224	213	4	5	2	—	728	2mal gezogen	3,47	11,88	2,25	1 Beim Schüren geschlossen	Enger Rost.
l	23. September	2214,8	264	190	30	42	2	—	740	1mal gezogen	2,99	11,65	2,52	2 Beim Schüren geschlossen	Enger Rost.
m	24. September	2476,9	243	198	21	22	2	—	810	8mal gezogen und auf Kohlen	3,05	12,50	2,42	1 Beim Schüren geschlossen (theilweise)	Weiter Rost.
n	25. September	2510,95	340	231	84	25	—	2	769	Asche von Anfang an auf Kohlen	3,26	10,86	2,07	5 Beim Schüren geschlossen	Weiter Rost.
o	26. September	2775,5	400	271	91	38	—	mehrmals	834	8mal gezogen und ausgesucht	3,32	10,24	1,77	4 Beim Schüren geschlossen	Enger Rost.
p	27. September	2135,55	213	196	11	6	—	—	617	2mal gezogen	3,46	10,89	2,44	7 Beim Schüren geschlossen	Enger Rost.
q	28. September	2322	219	206	12	1	—	4	658	1mal gezogen	3,52	11,27	2,33	3 Beim Schüren geschlossen	Weiter Rost.
r	29. September	2284,5	262	253	6	3	—	3	772	5mal gezogen	2,95	9,03	1,9	4 Beim Schüren geschlossen	Weiter Rost.
s	2. October	2285,8	225	215	6	4	—	—	687	1mal gezogen	3,32	10,62	2,23	5 Beim Schüren geschlossen	Enger Rost.

## Tabelle 14. Leistung der Kohlen.

	Name der Zeche.	Wirklich verdampftes (nicht übergerissenes) Wasser-Quantum				Verbrauchtes Brutto-Kohlen-Quantum		Absolute Dampf- pressung in neuen Atmo- sphären.	Temperatur des Dampfes (gemessen).	Gesamt- Wärme.	Tempe- ratur des Speise- wassers.	Erzeugungs- Wärme.	Coefficient.	Kilogramme Dampf von 600 Calorien Erzeugungs-Wärme			
		pro 1 kg Kohle		pro Stunde u. 1 qm		pro Stunde u. 1 qm								pro 1 kg Kohle		pro Stunde u. 1 qm	
		brutto.	netto.	Heiz- fläche.	Rostfläche.	Heiz- fläche.	Rostfläche.							brutto.	netto.	Heiz- fläche.	Rostfläche.
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	
a	Rhein-Elbe & Alma.	7,07	7,92	19,31	563,02	2,73	79,59	6,062	154,25	654,797	18,47	636,327	1,0605	7,50	8,40	20,48	597,08
b	Rhein-Elbe & Alma.	7,22	8,10	23,08	672,90	3,19	93,14	6,131	154,8	654,927	18,46	636,467	1,0608	7,66	8,59	24,48	713,81
c	Bonifacius.	7,84	9,02	19,51	569,00	2,49	72,60	6,038	—	654,749	18,13	636,619	1,0610	8,32	9,57	20,70	603,71
d	Bonifacius.	7,54	8,74	20,79	606,11	2,76	80,35	6,021	155	654,715	18,00	636,715	1,0612	8,00	9,27	22,06	643,20
e	Kohlscheid, Vereinigungs-Gesellschaft.	7,61	9,06	20,17	588,17	2,65	77,32	6,021	154,01	654,715	18,00	636,715	1,0612	8,08	9,61	21,40	624,17
f	Kohlscheid, Vereinigungs-Gesellschaft.	7,50	8,80	20,53	598,73	2,74	79,80	6,015	154	654,703	18,00	636,703	1,0612	7,96	9,34	21,79	635,37
g	Kohlscheid, Vereinigungs-Gesellschaft.	8,62	9,55	23,33	680,17	2,71	78,95	6,020	154,03	654,713	17,70	637,013	1,0617	9,15	10,14	24,77	722,14
h	Kohlscheid, Vereinigungs-Gesellschaft.	9,04	10,31	21,00	612,22	2,32	67,74	6,026	154,06	654,725	17,50	637,225	1,0620	9,60	10,95	22,30	650,18
i	Königsgrube.	6,66	7,78	20,81	606,91	3,13	91,12	6,026	154,12	654,725	17,00	637,725	1,0629	7,08	8,27	22,12	645,08
k	Königsgrube.	6,76	8,04	21,30	620,99	3,15	91,83	6,029	154,03	654,731	17,00	637,731	1,0629	7,19	8,55	22,64	660,05
l	Zollverein.	7,15	8,82	19,43	566,53	2,72	79,21	6,030	154	654,733	17,00	637,733	1,0629	7,60	9,37	20,65	602,16
m	Zollverein.	7,86	9,24	23,64	689,22	3,01	87,74	6,030	154	654,733	16,50	638,233	1,0637	8,36	9,83	25,15	733,12
n	Holland.	7,22	8,53	21,81	635,85	3,02	88,10	6,031	154,9	654,735	16,80	637,935	1,0632	7,68	9,07	23,19	676,04
o	Holland.	6,94	7,77	23,82	694,44	3,43	100,12	6,038	154	654,749	17,00	637,749	1,0629	7,38	8,26	25,32	738,12
p	Pluto.	8,26	8,82	21,31	621,30	2,58	75,23	6,037	154	654,747	16,50	638,247	1,0637	8,79	9,38	22,67	660,88
q	Pluto.	7,81	8,50	22,13	645,14	2,83	82,61	6,045	155	654,763	16,25	638,513	1,0642	8,31	9,05	23,55	686,56
r	Germania.	8,47	9,73	23,52	685,91	2,78	81,01	6,042	155	654,757	16,00	638,757	1,0646	9,02	10,36	25,04	730,22
s	Germania.	7,93	8,98	22,22	647,98	2,80	81,74	6,038	155	654,749	16,25	638,499	1,0642	8,44	9,56	23,65	689,58



Fig. 1.

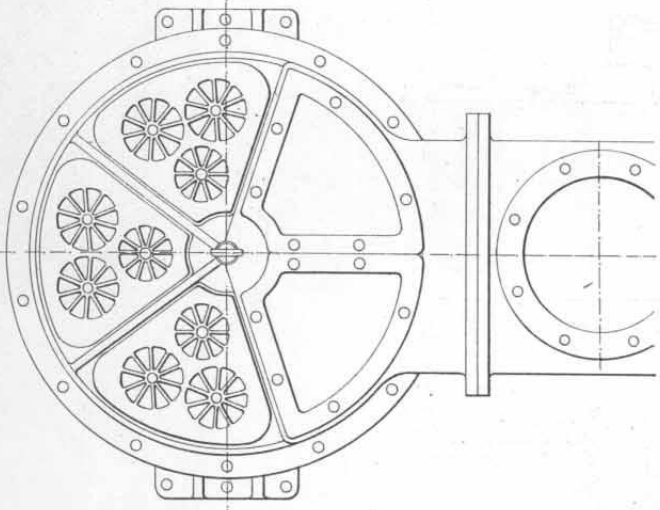


Fig. 2.

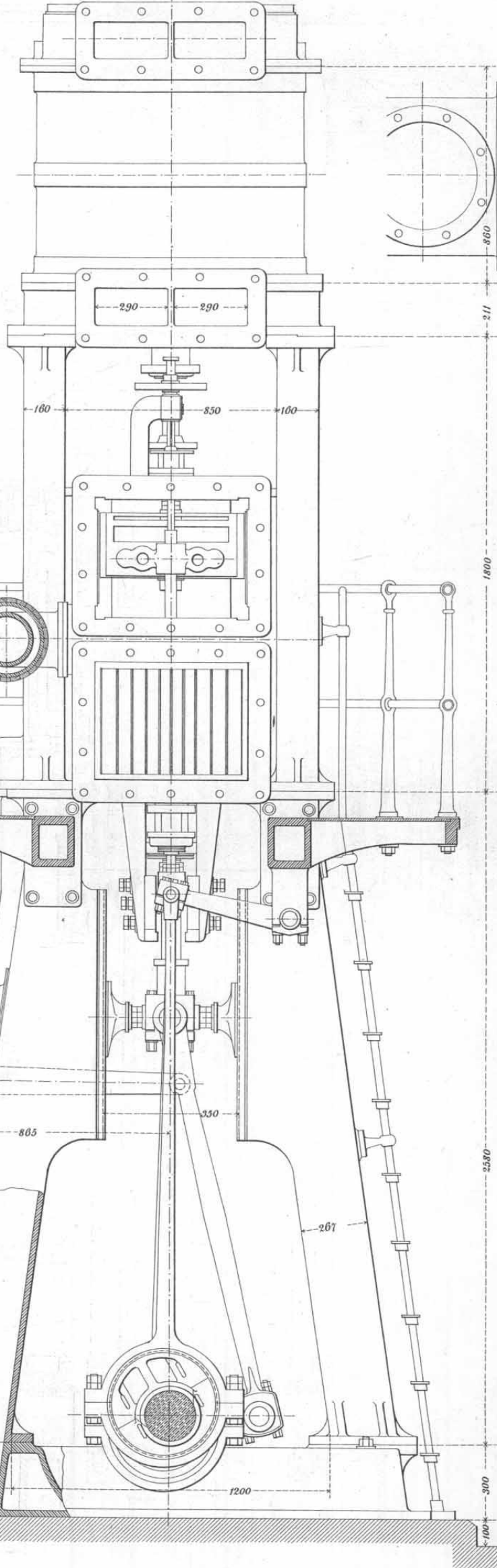
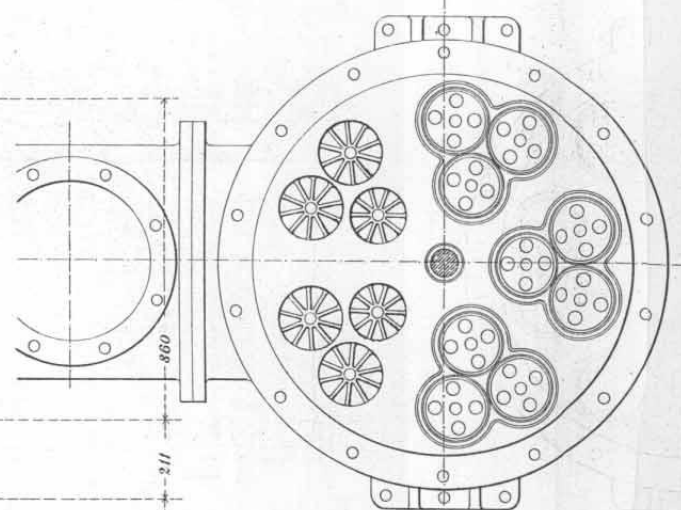
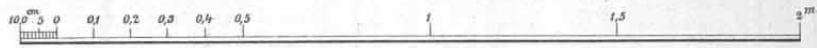


Fig. 3.





Maafstab 1:20.

Fig. 4.

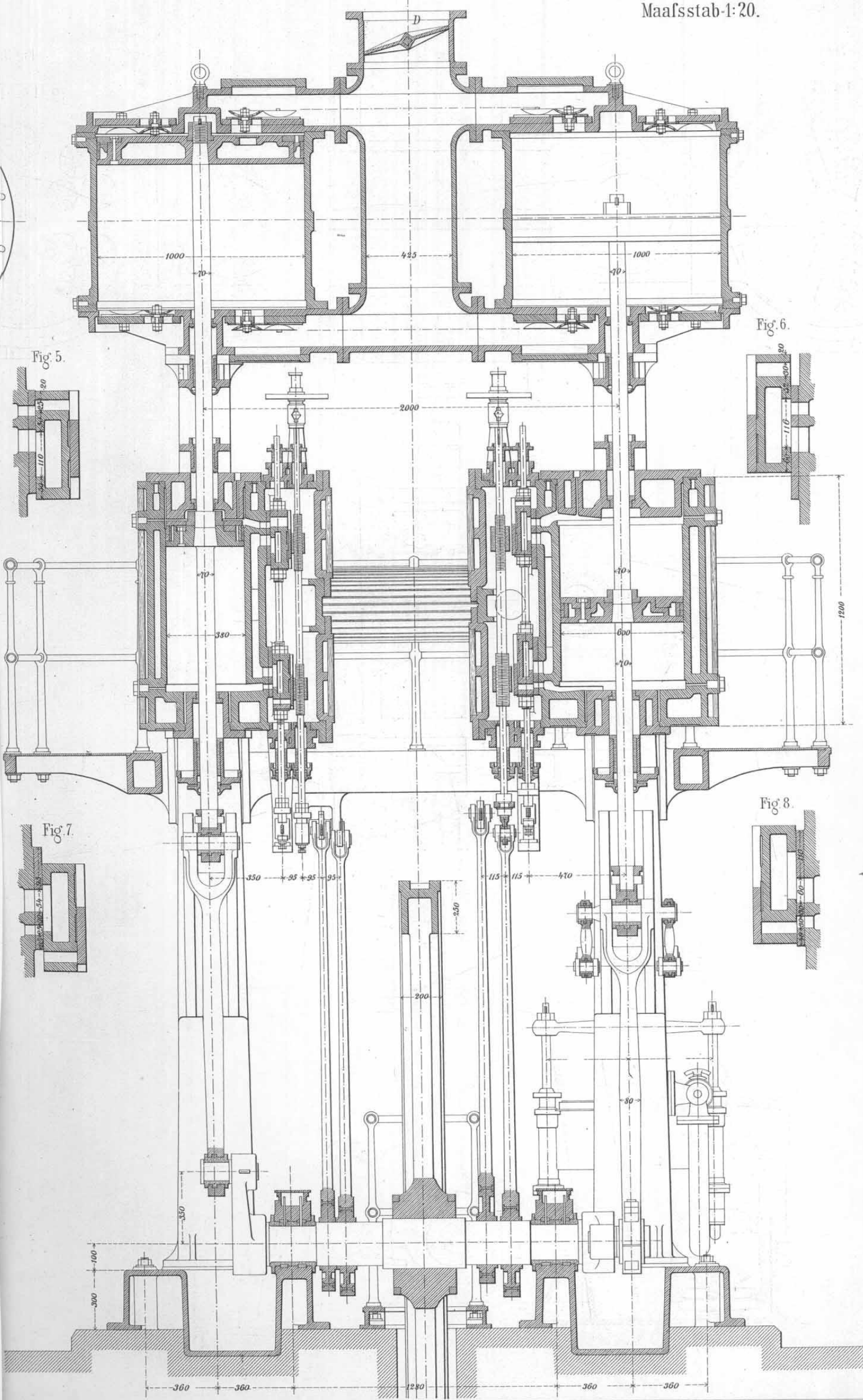


Fig. 5.

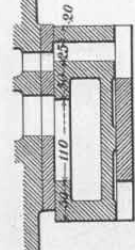


Fig. 6.

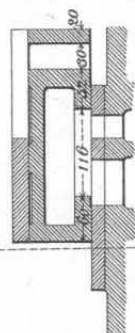


Fig. 7.

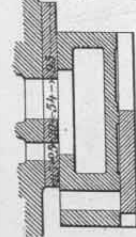
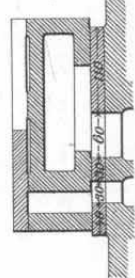


Fig. 8.



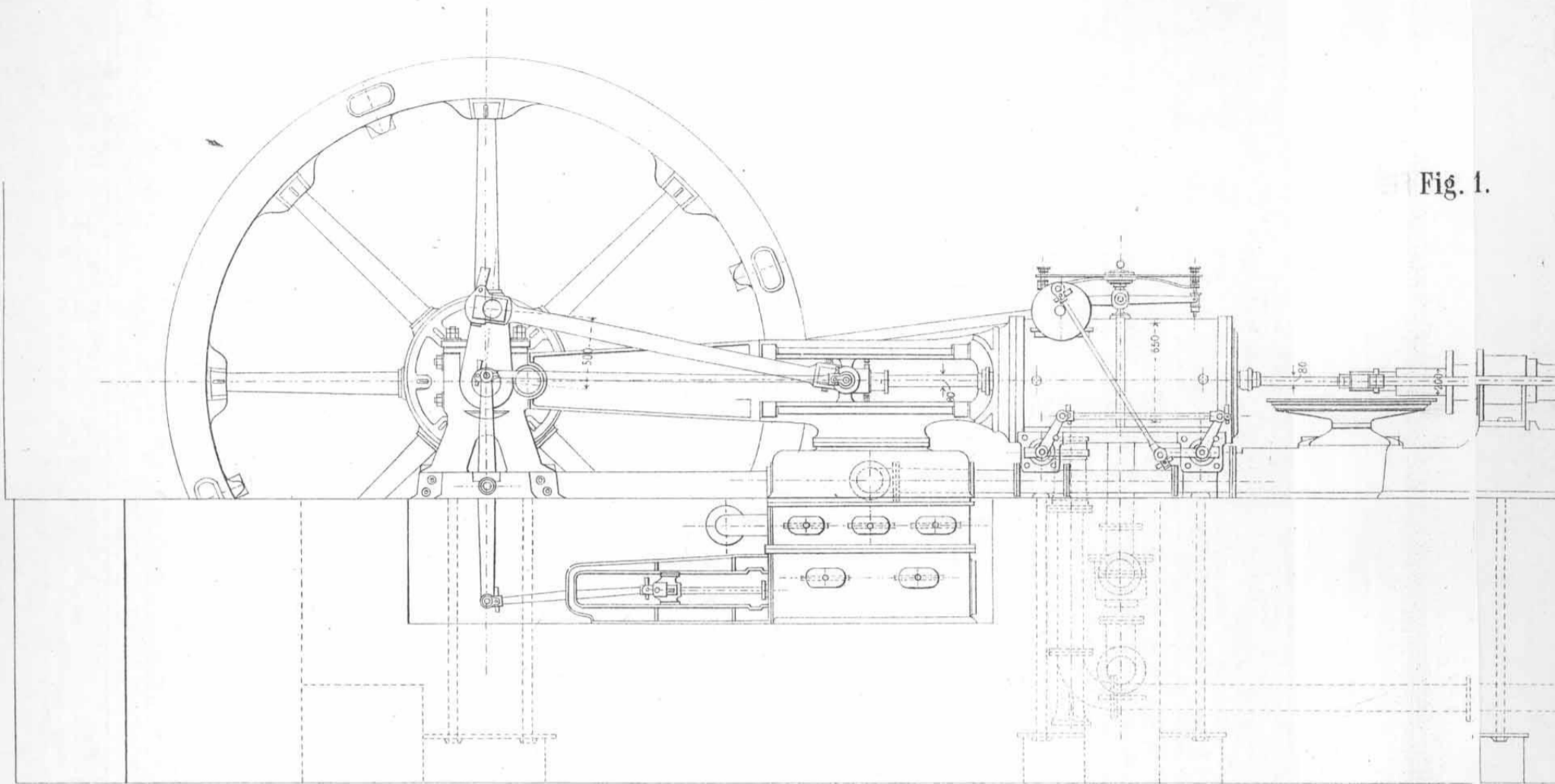


Fig. 1.

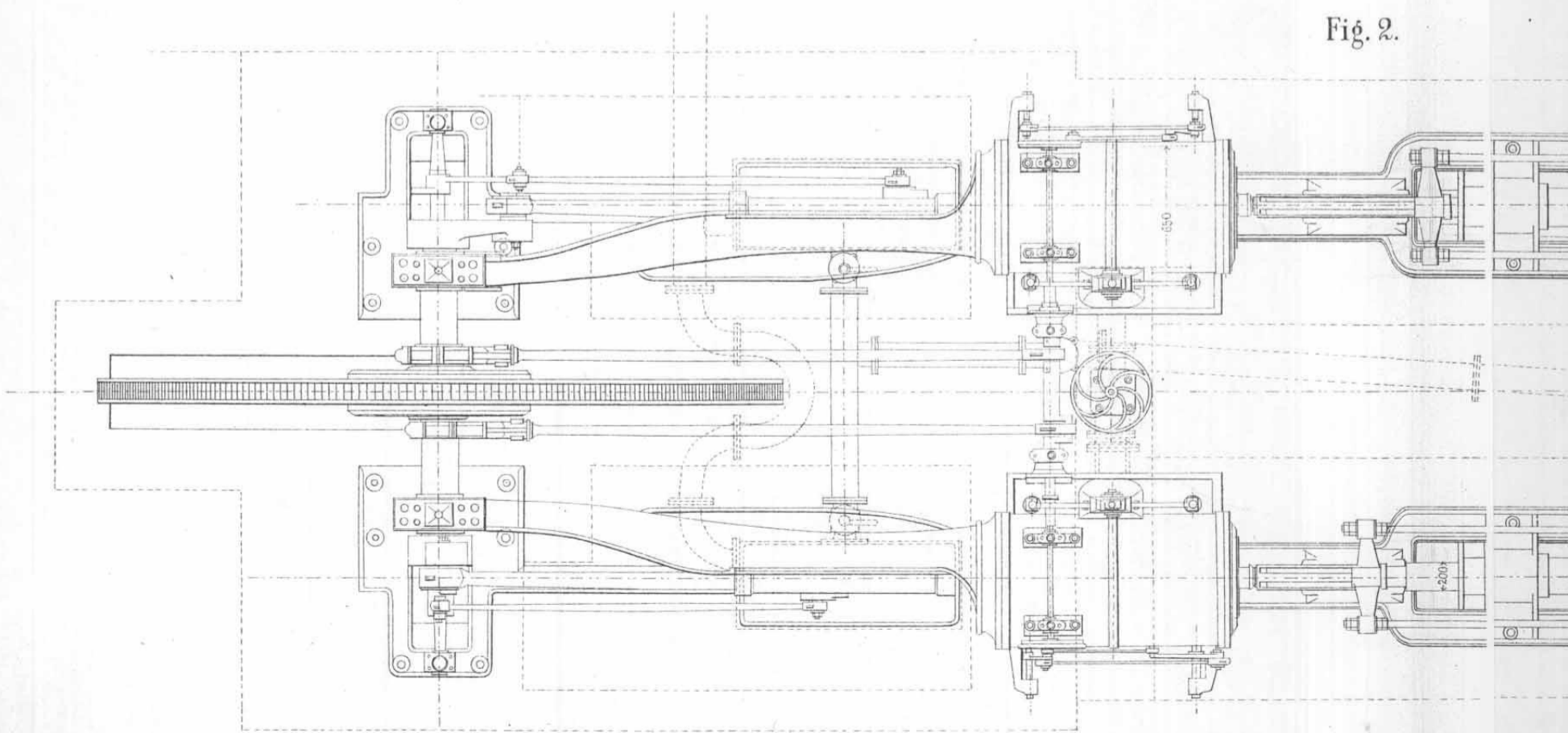


Fig. 2.



Maafsstab = 1:40.

Fig. 1.

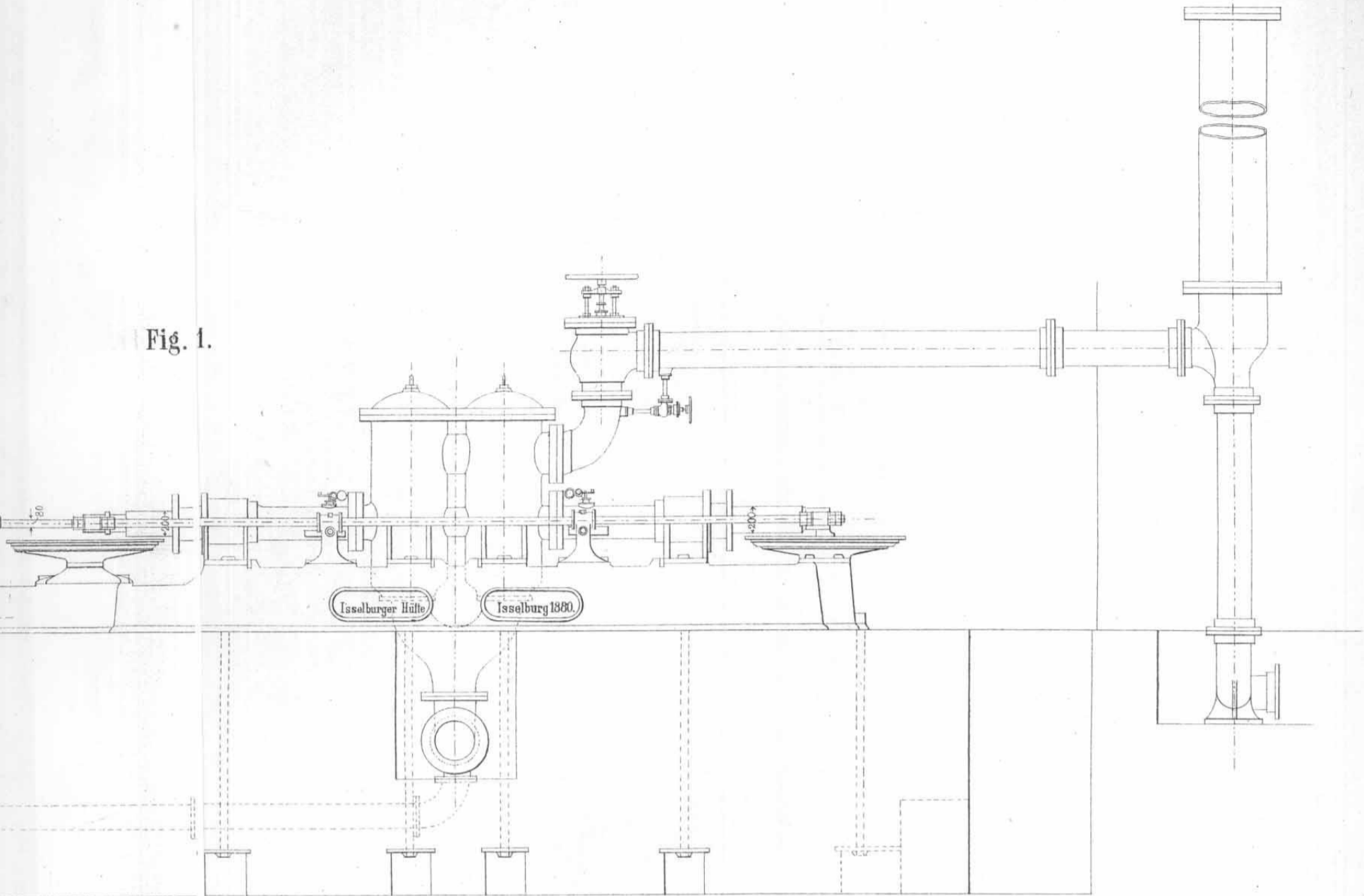
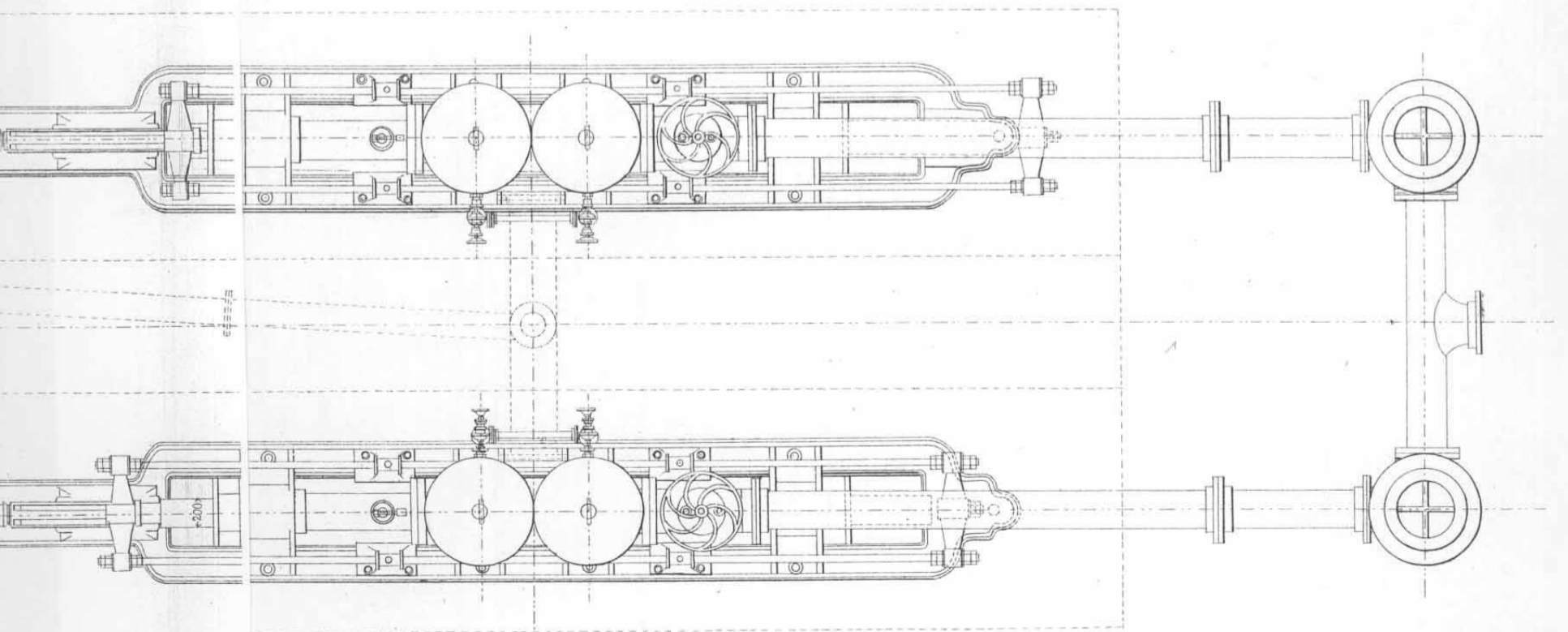


Fig. 2.



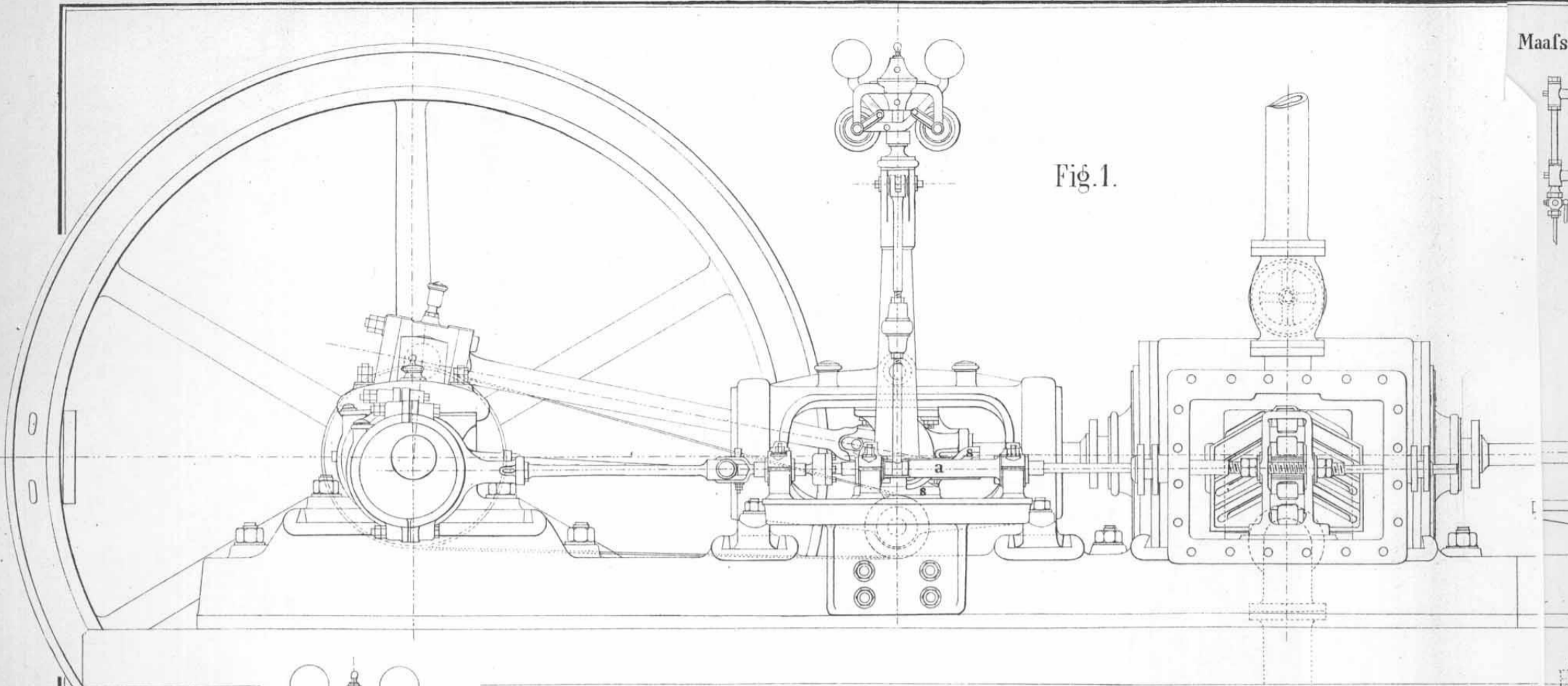


Fig. 1.

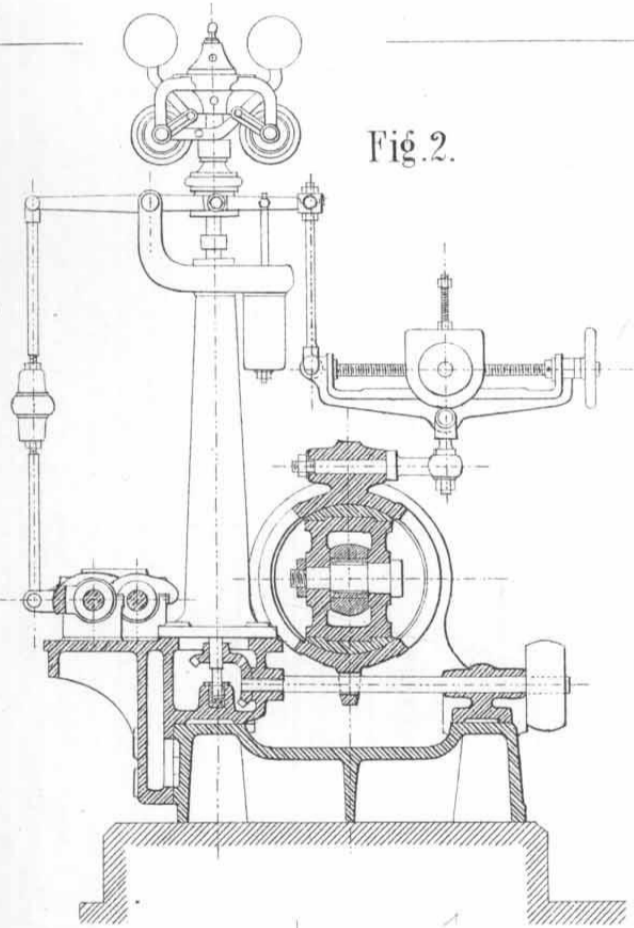


Fig. 2.

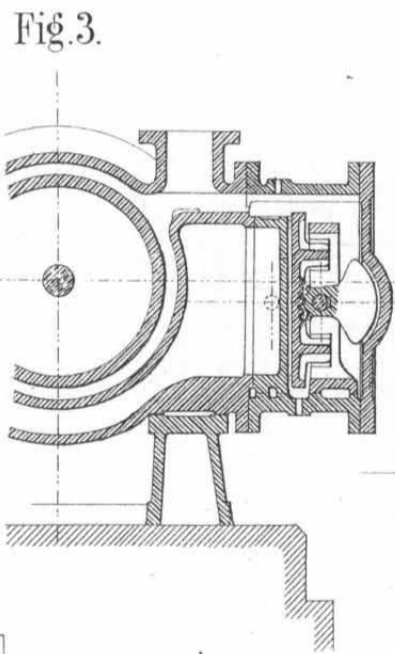


Fig. 3.

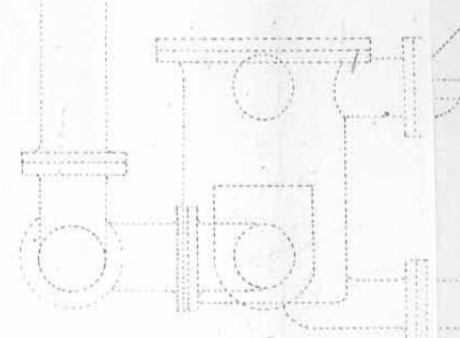
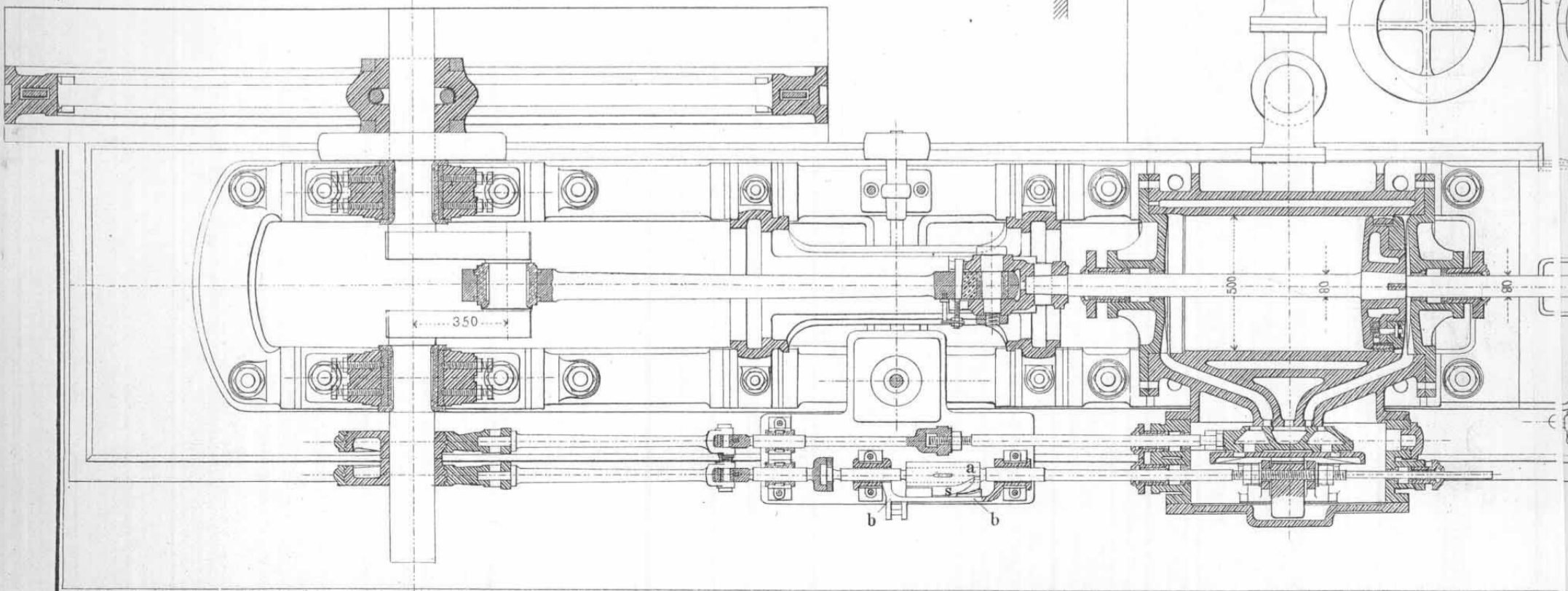


Fig. 4.



Maafstab 1:20.

cm 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 200 cm

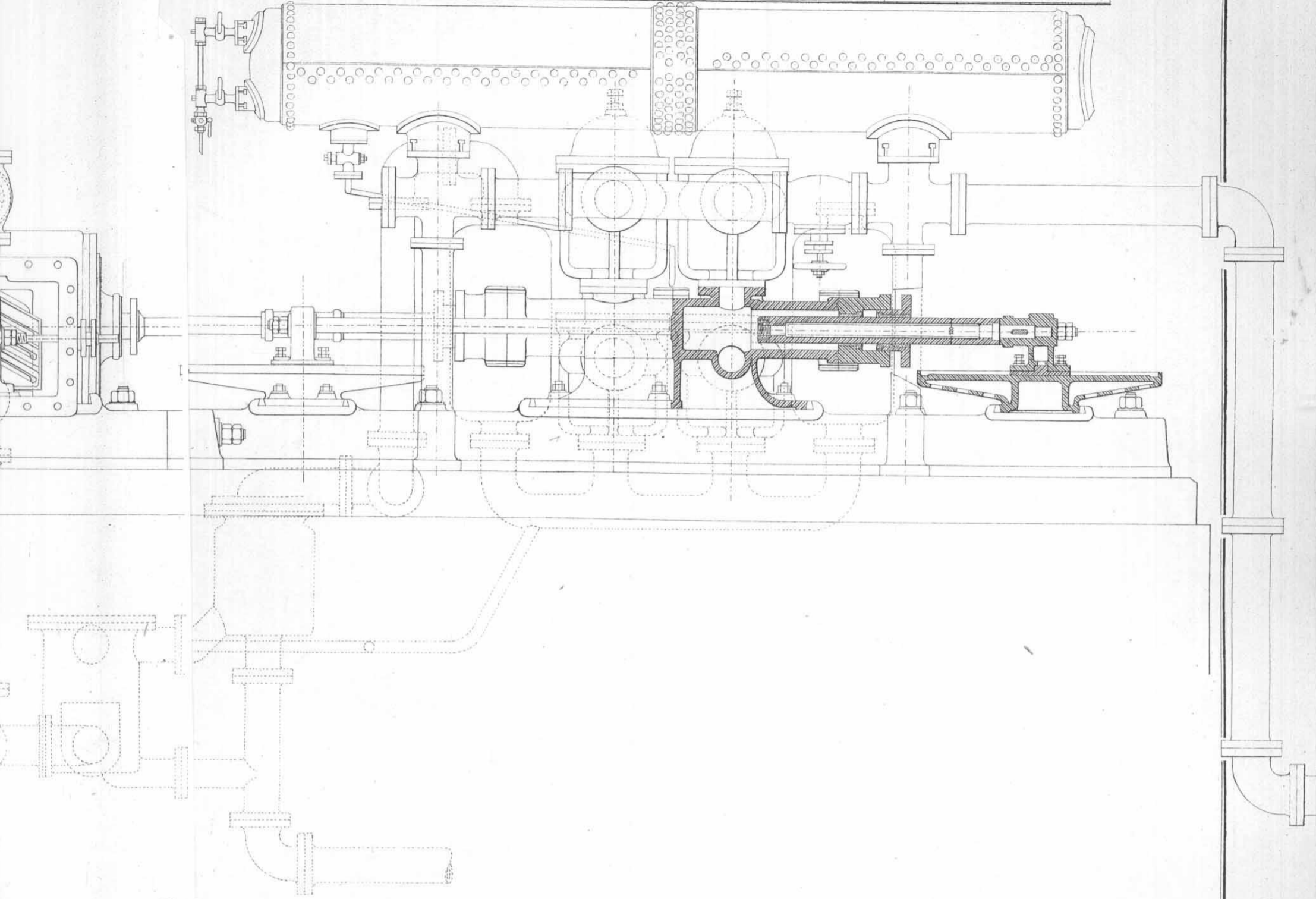
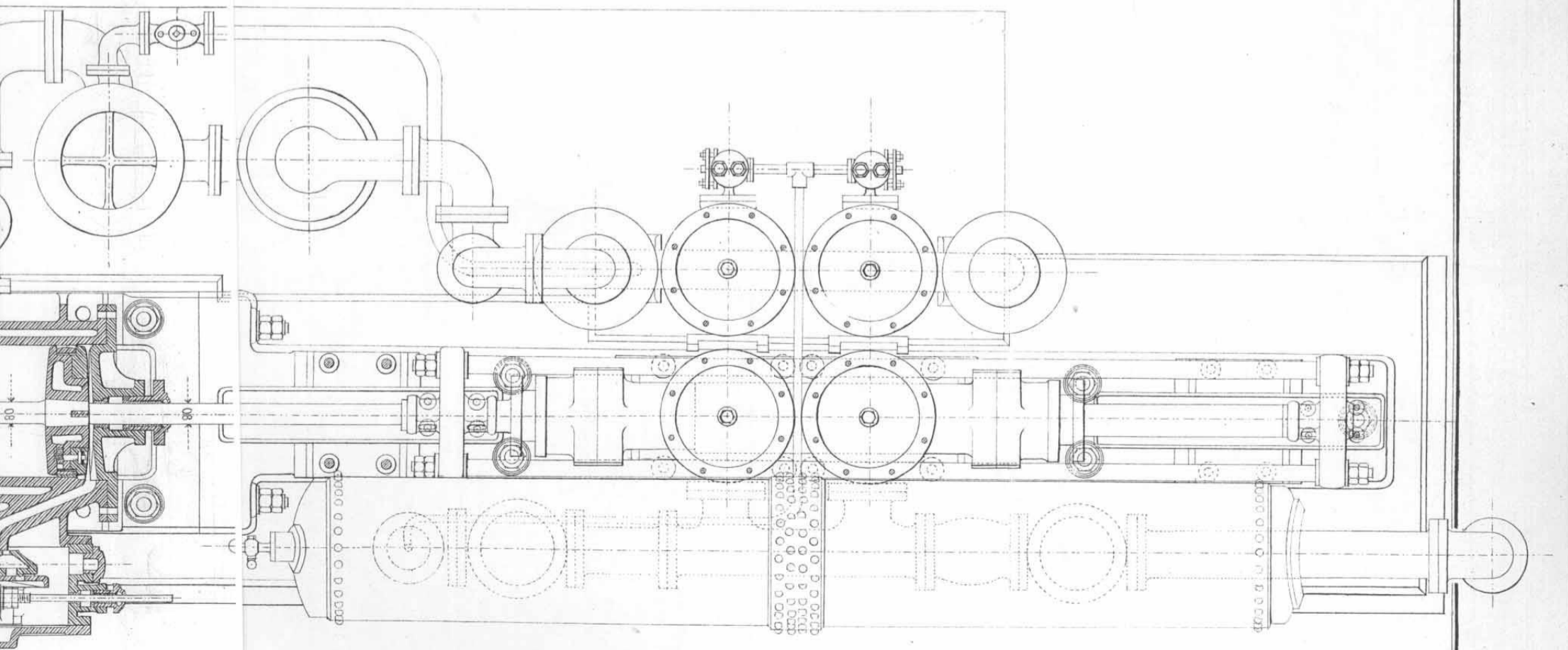


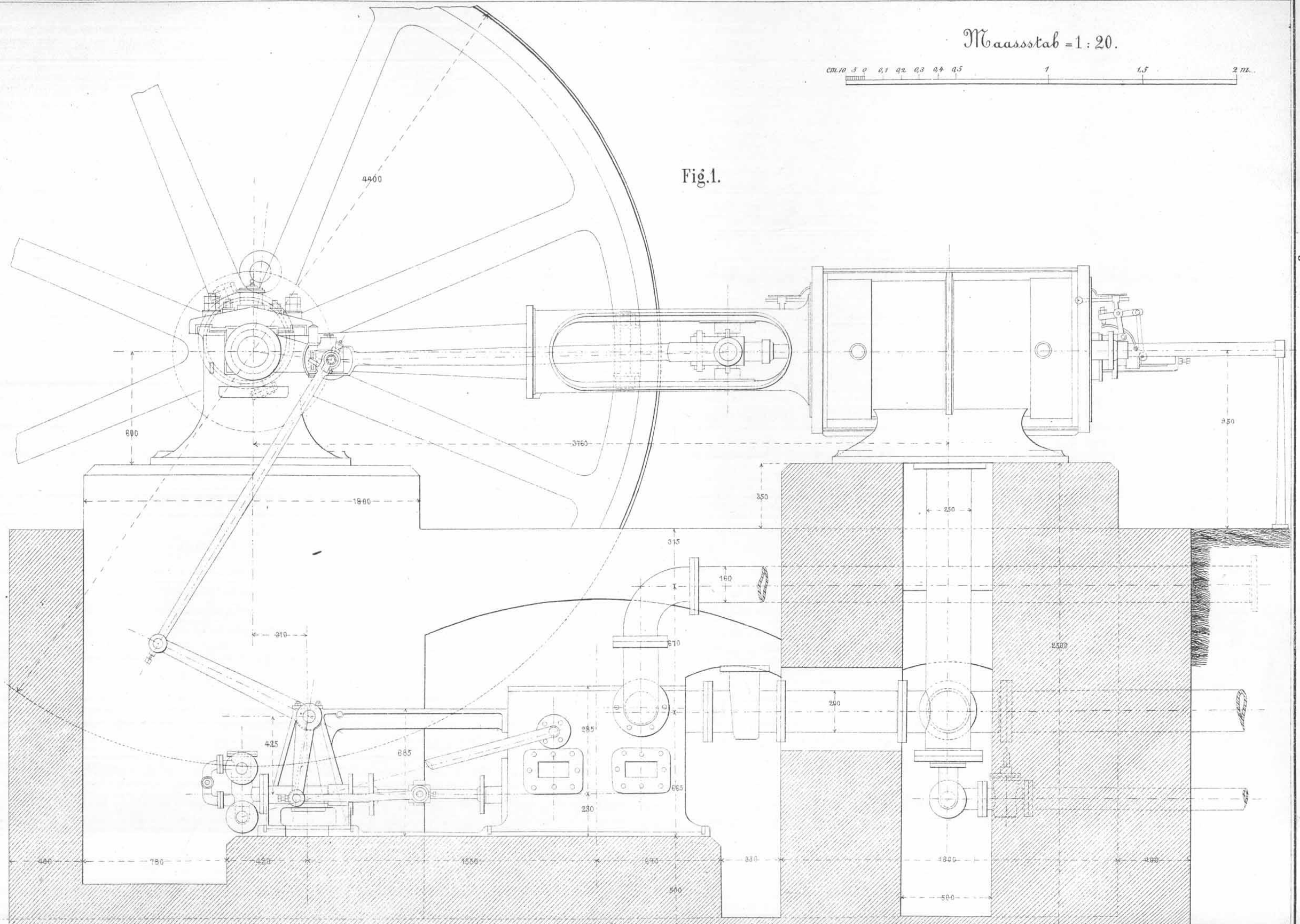
Fig 1.



Maassstab = 1 : 20.



Fig. 1.







cm 10 0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 1 1,5 2m

Maafsstab - 1:20.

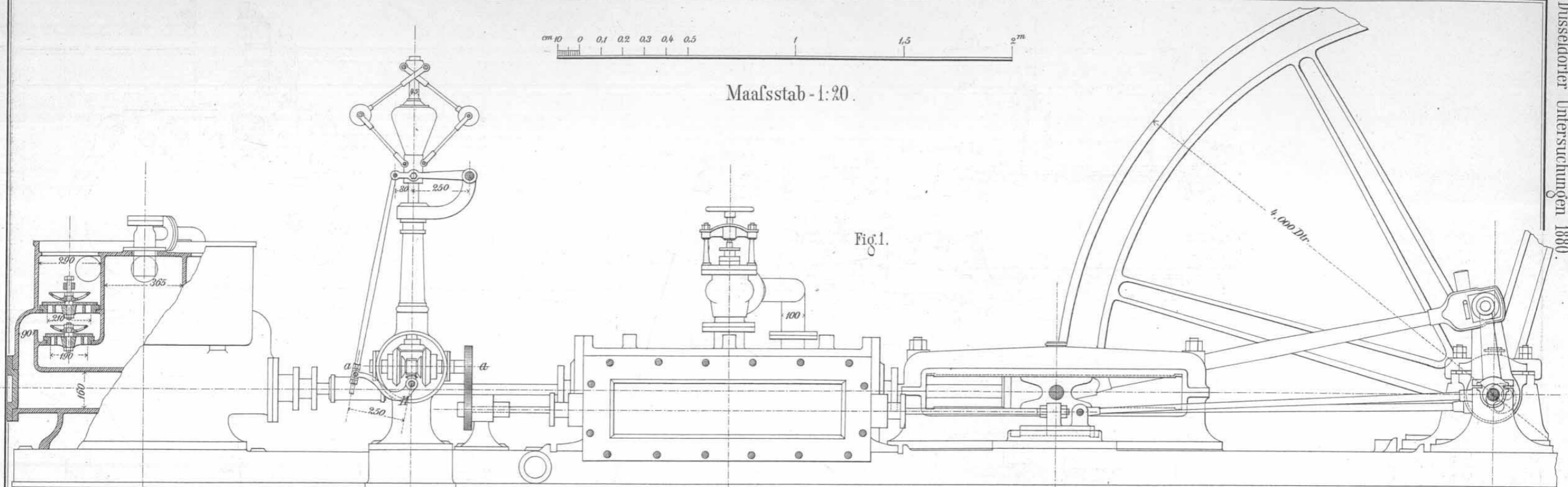


Fig. 1.

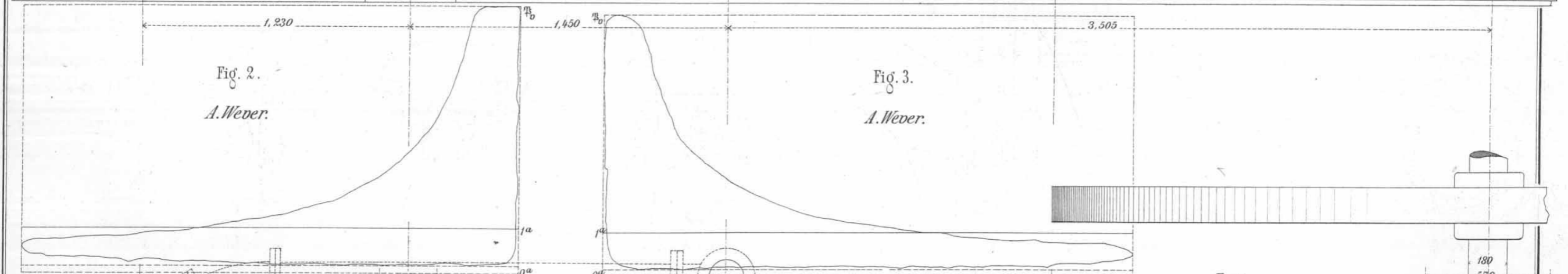


Fig. 2.  
A. Weber.

Fig. 3.  
A. Weber.

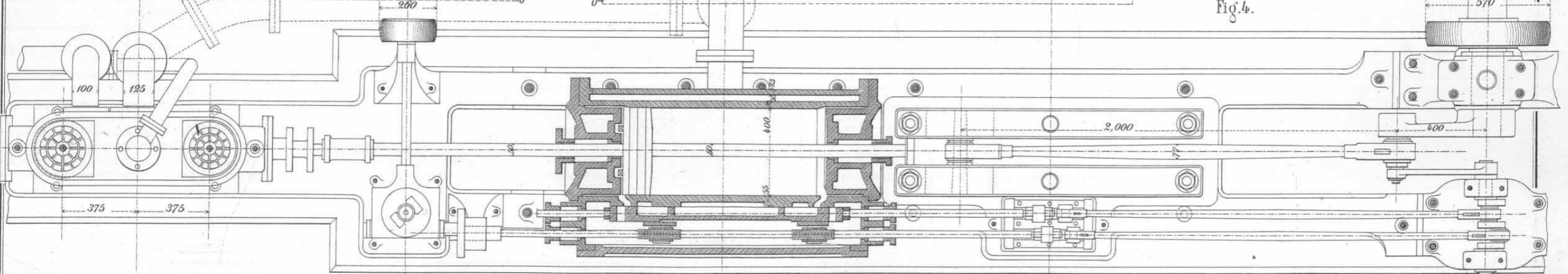


Fig. 4.

cm 10 0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 1 1,5 2<sup>mm</sup>

Maafsstab - 1:15.

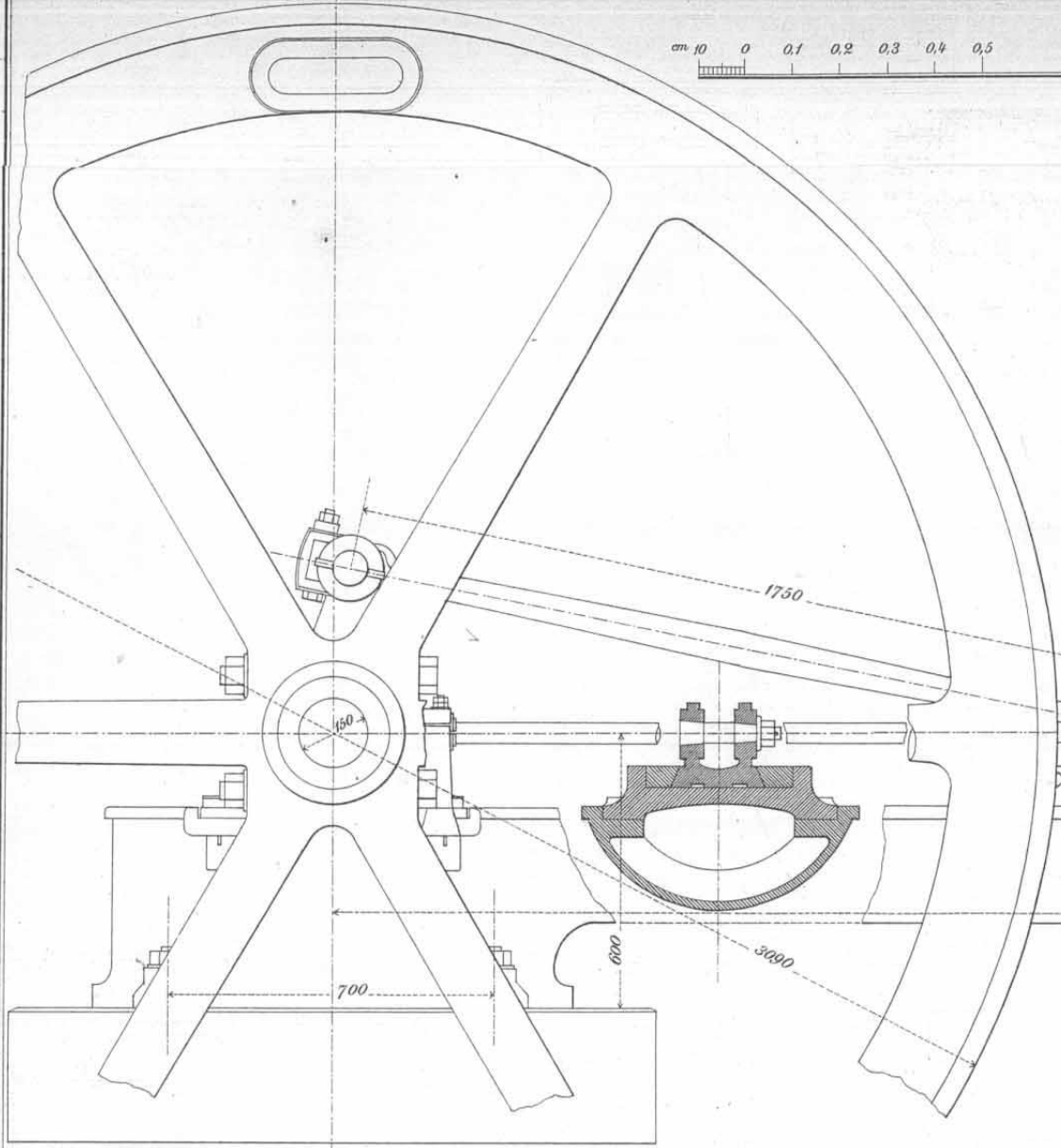


Fig. 5.

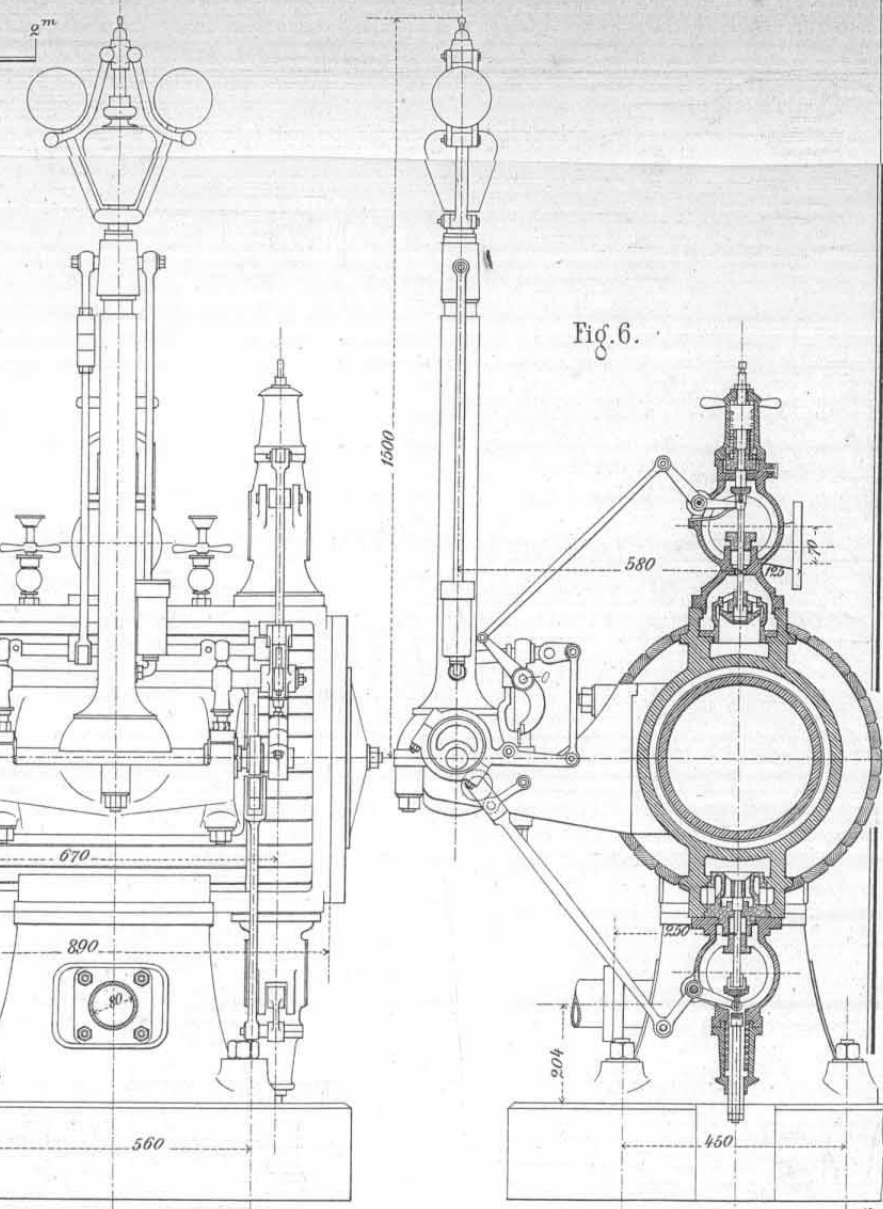


Fig. 6.

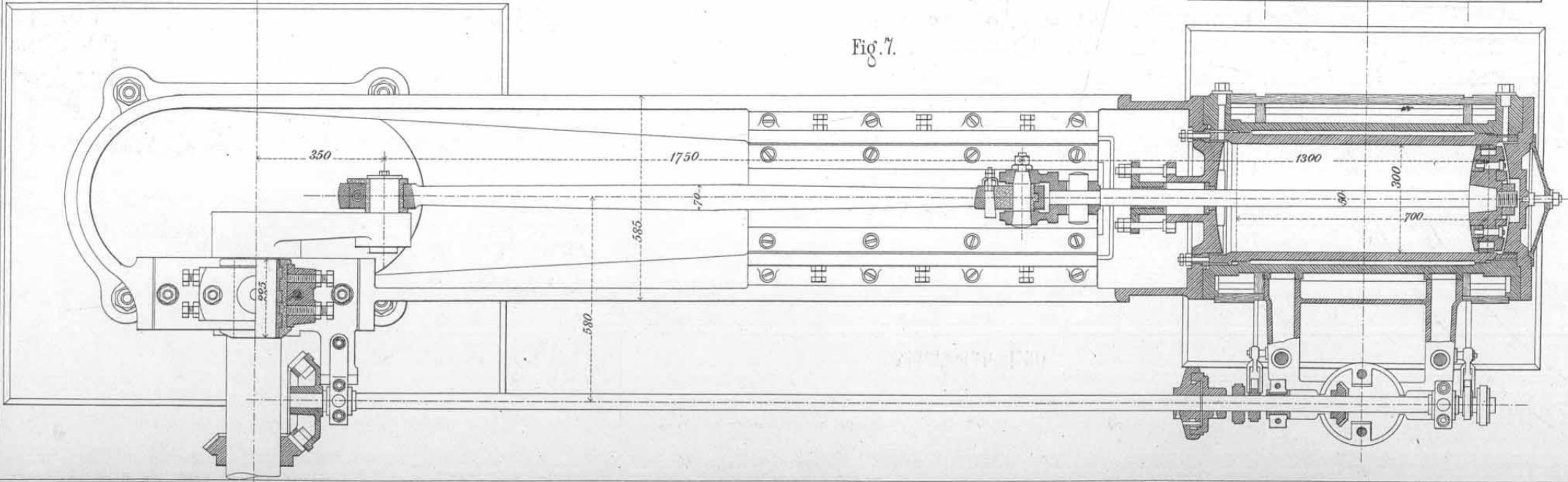


Fig. 7.





Maafsstab - 1:20

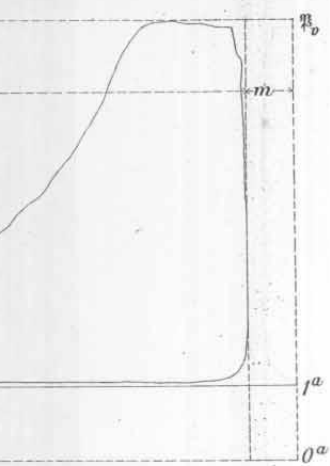


Fig. 2.

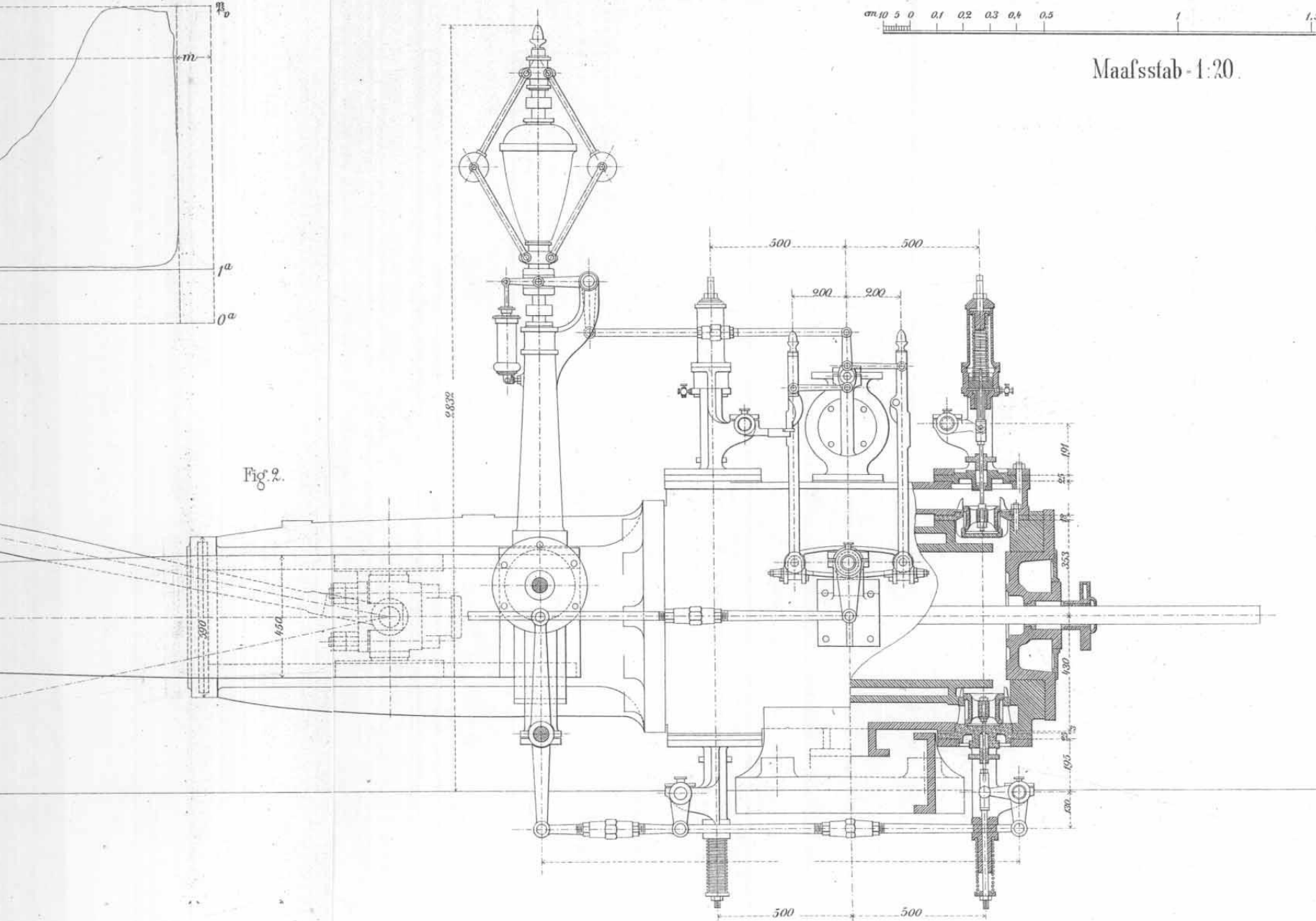


Fig. 4.

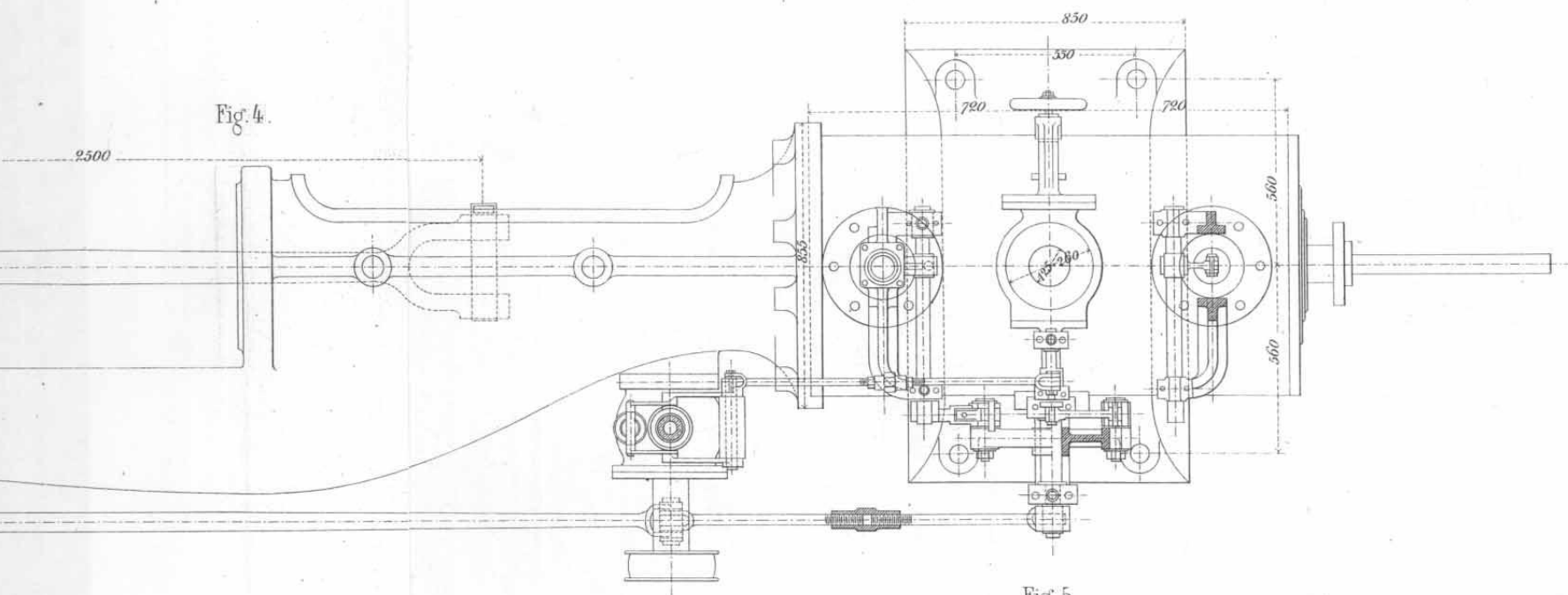
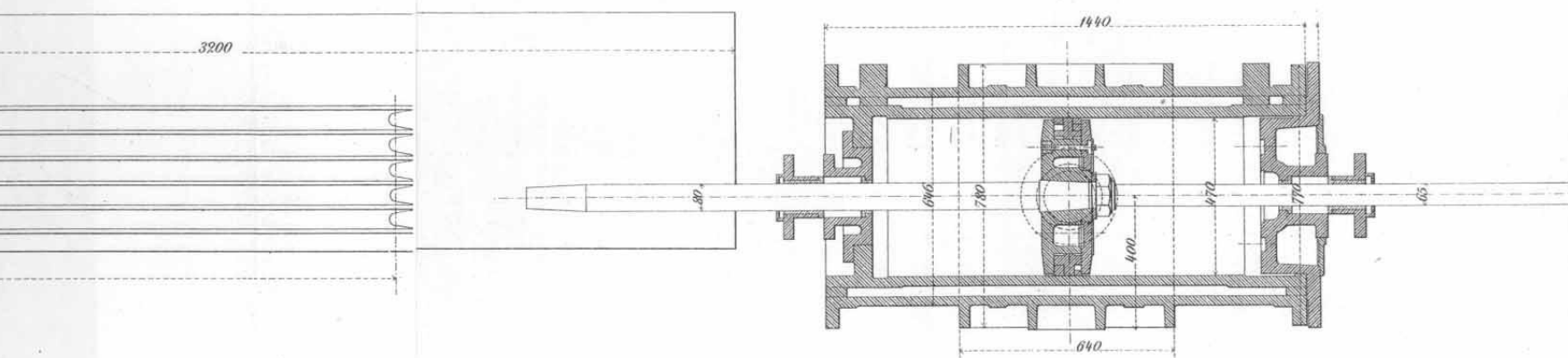


Fig. 5.



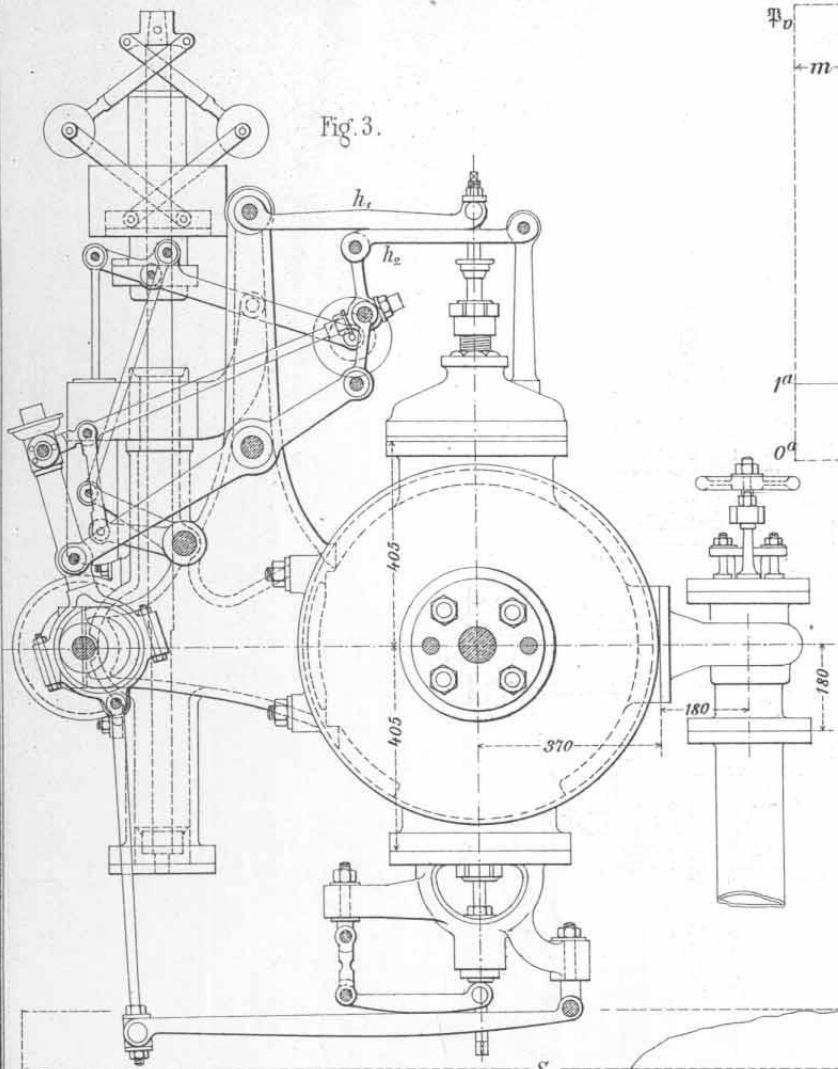


Fig. 3.



Fig. 1.

Duisburger Maschinenfabrik innen.

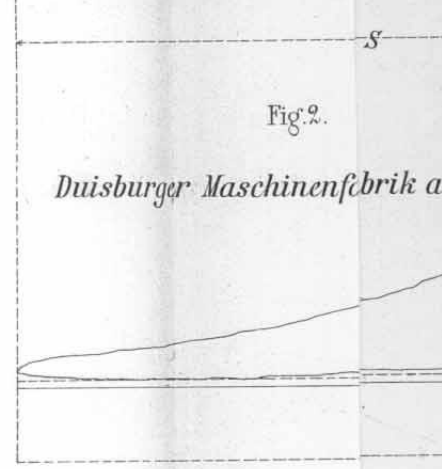


Fig. 2.

Duisburger Maschinenfabrik a

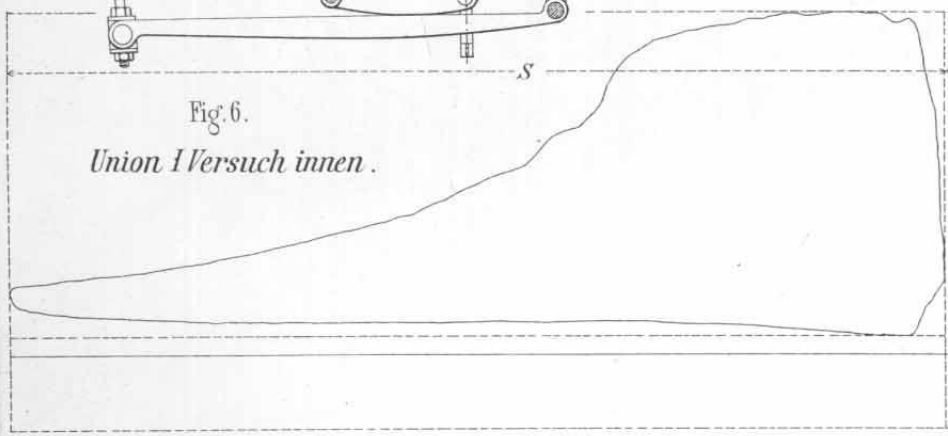
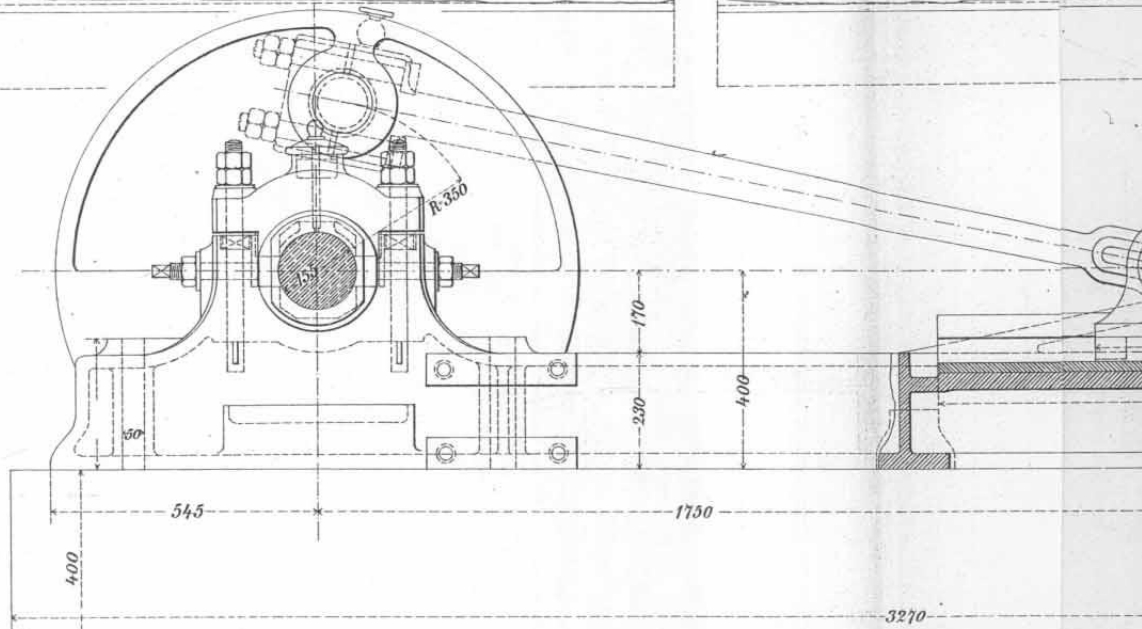


Fig. 6.

Union I Versuch innen.

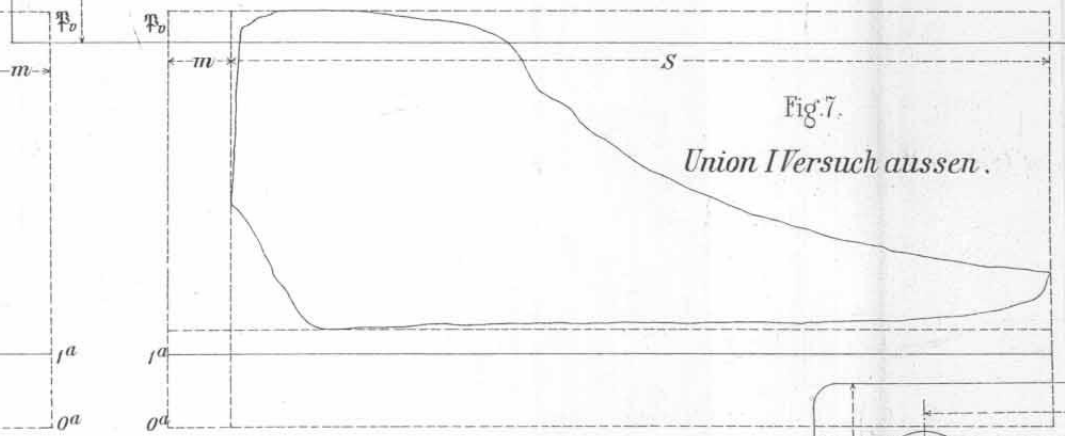


Fig. 7.

Union I Versuch aussen.

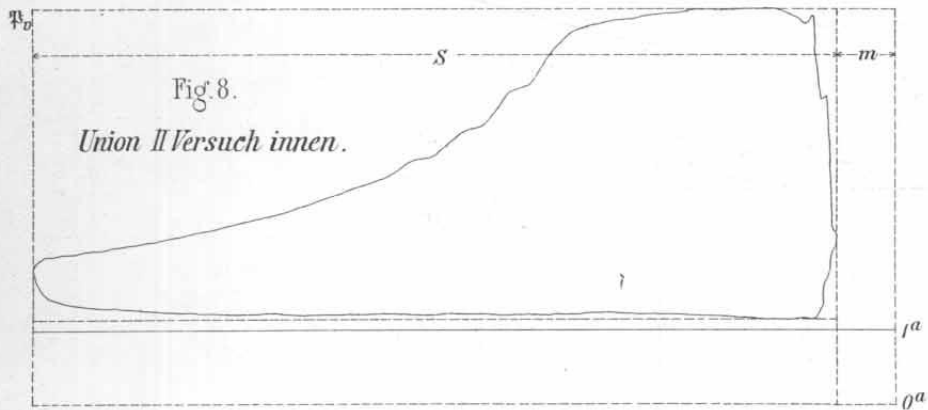


Fig. 8.

Union II Versuch innen.

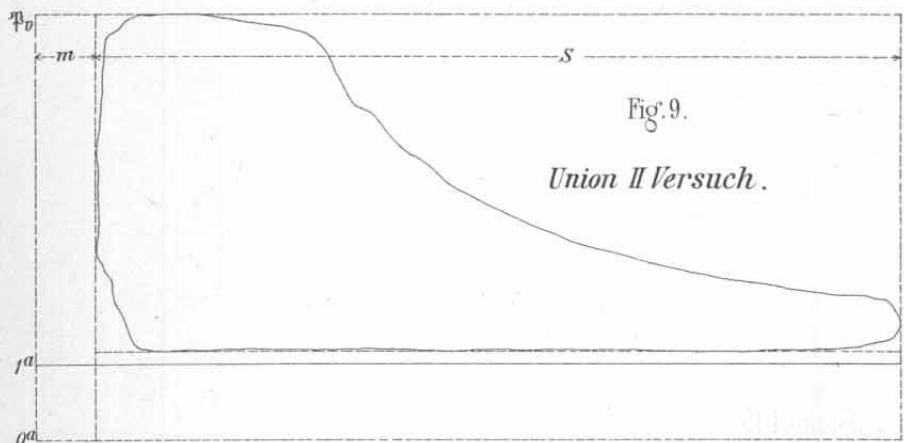
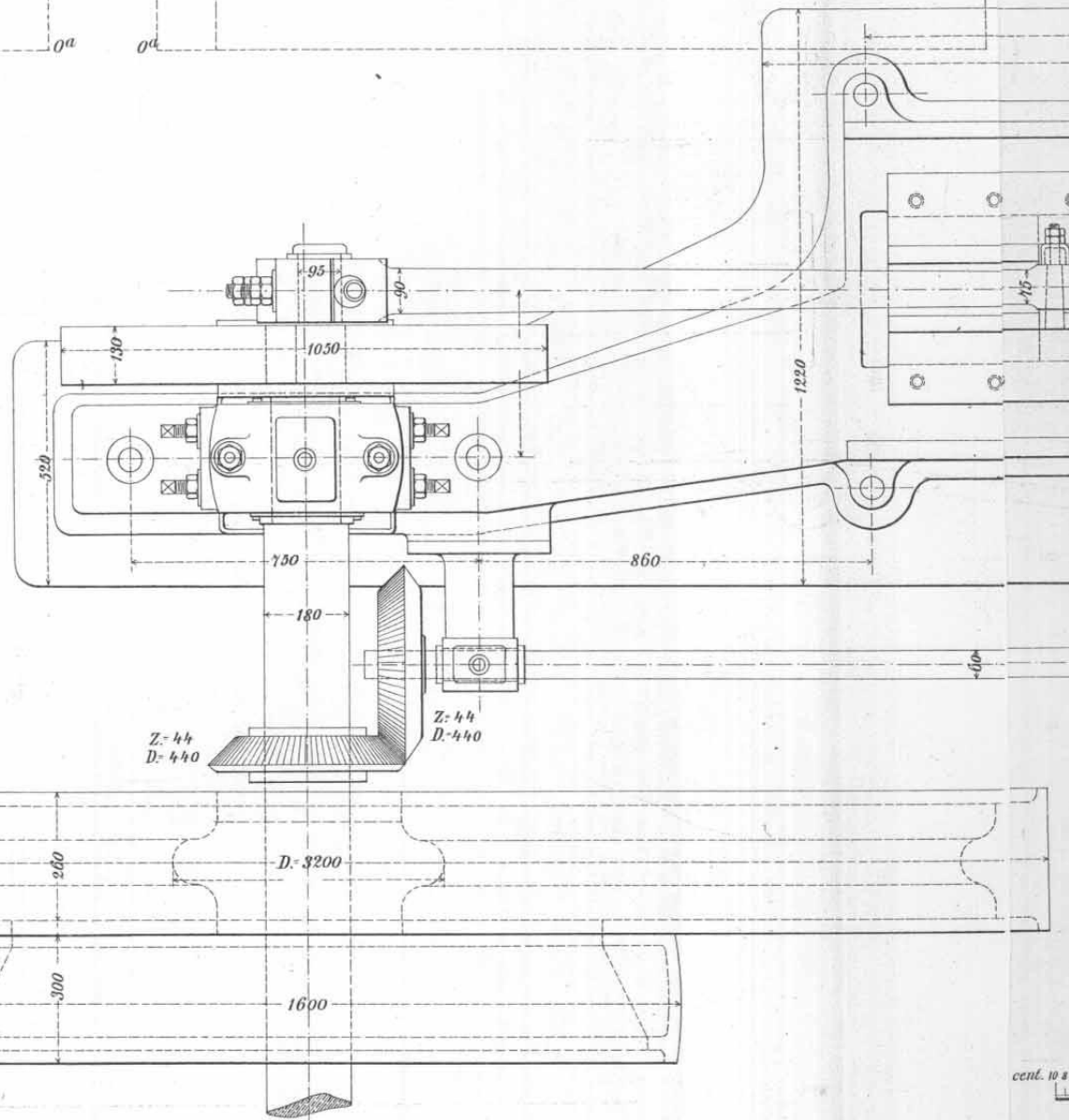


Fig. 9.

Union II Versuch.

Fig. 2.  
Duisburger Maschinenfabrik aussen.

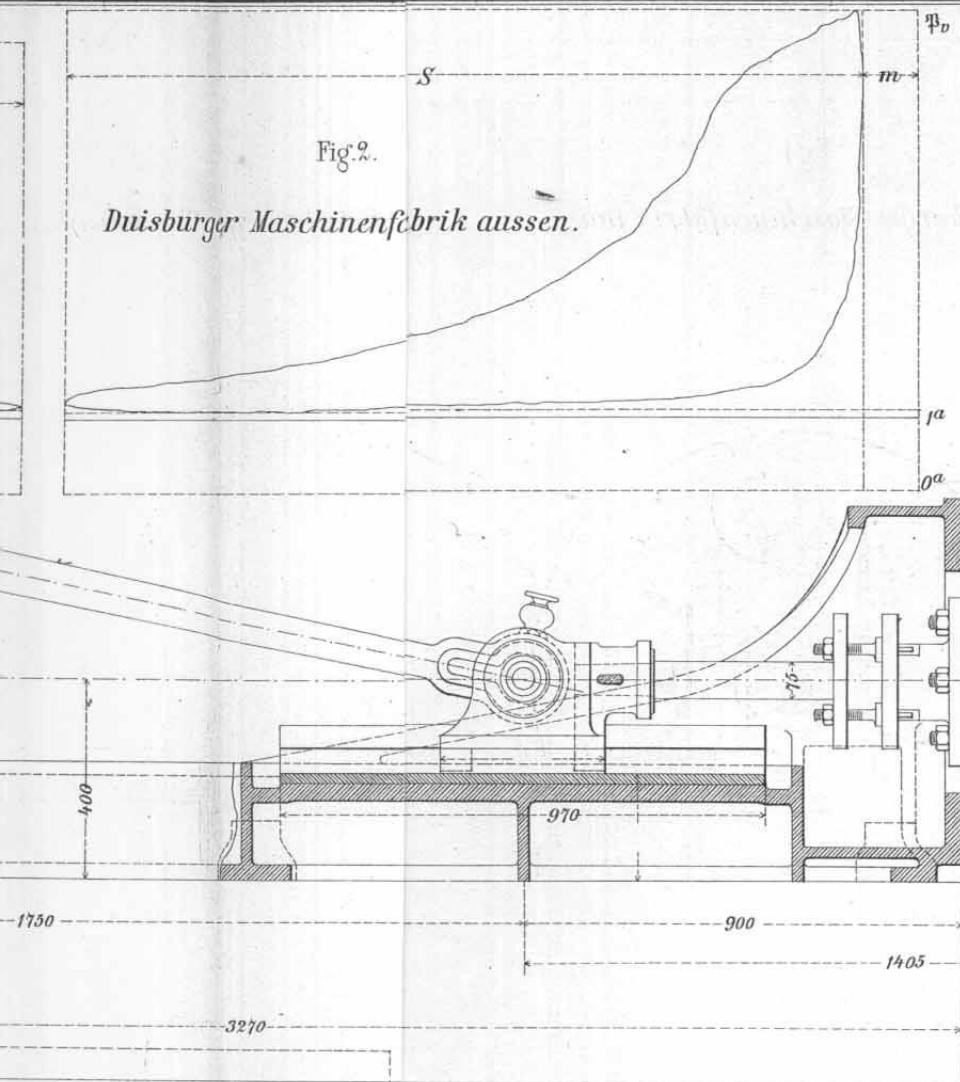


Fig. 4.

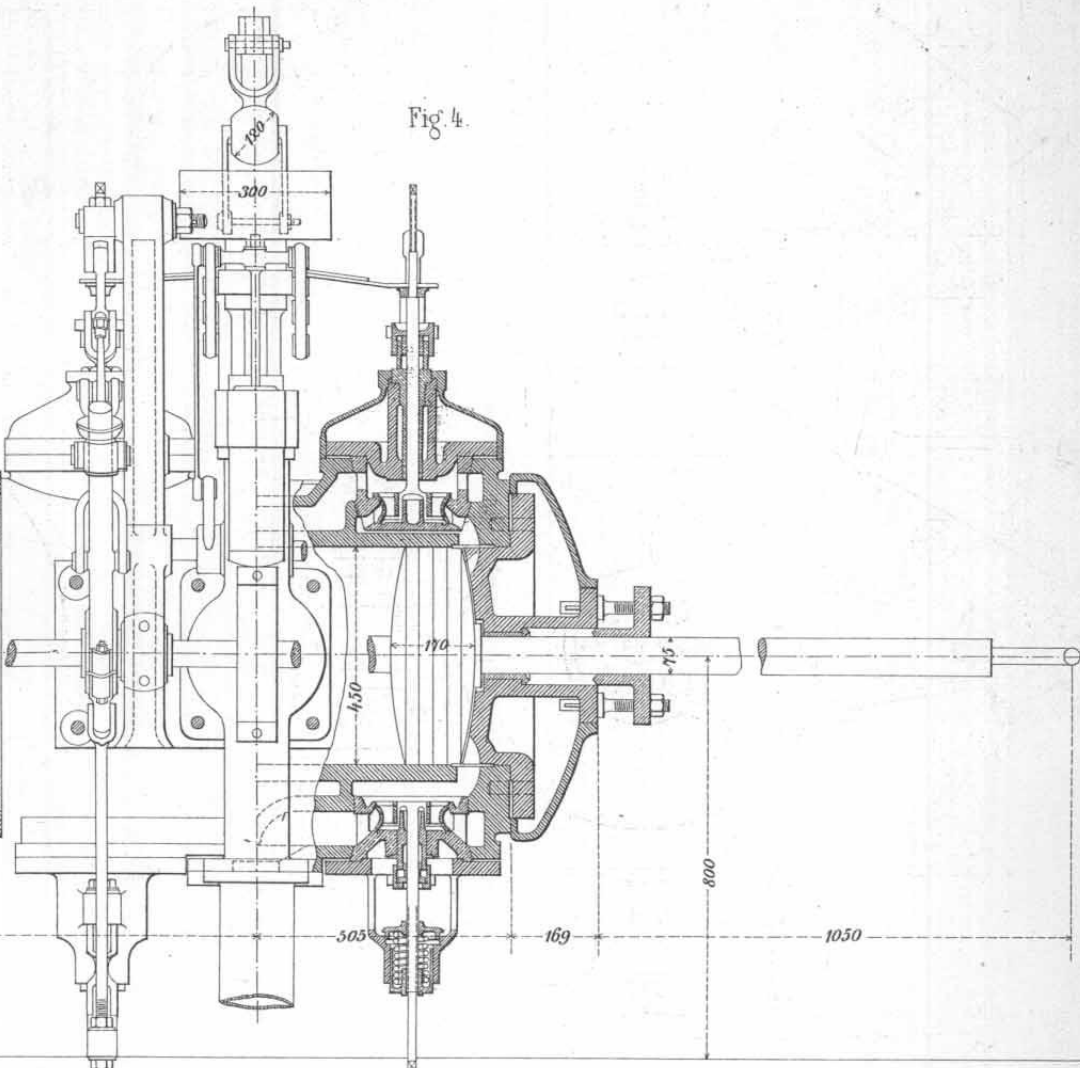


Fig. 7.  
Union I Versuch aussen.

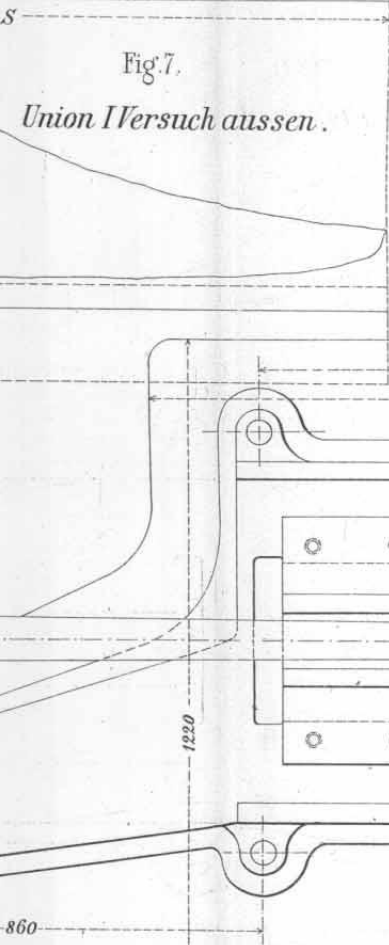
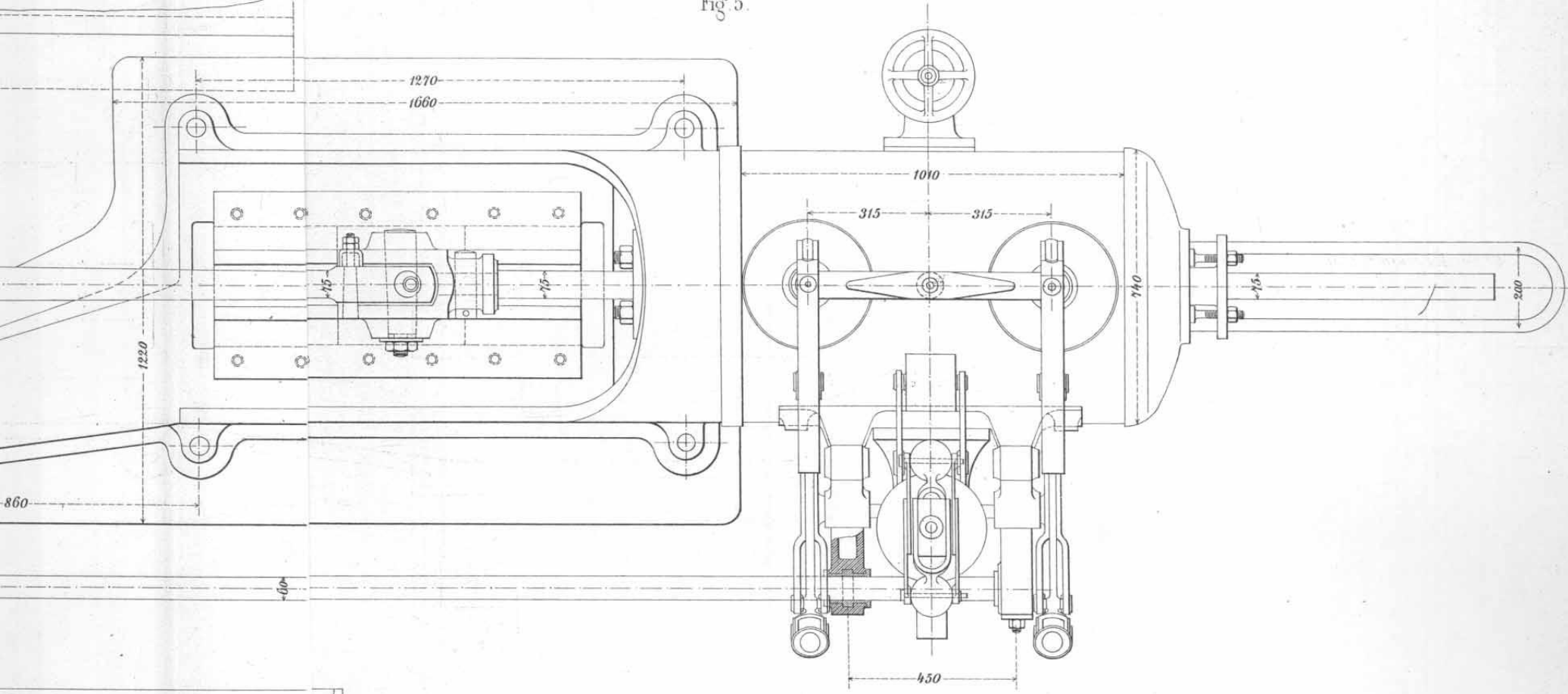


Fig. 5.



Maafsstab 1:15.



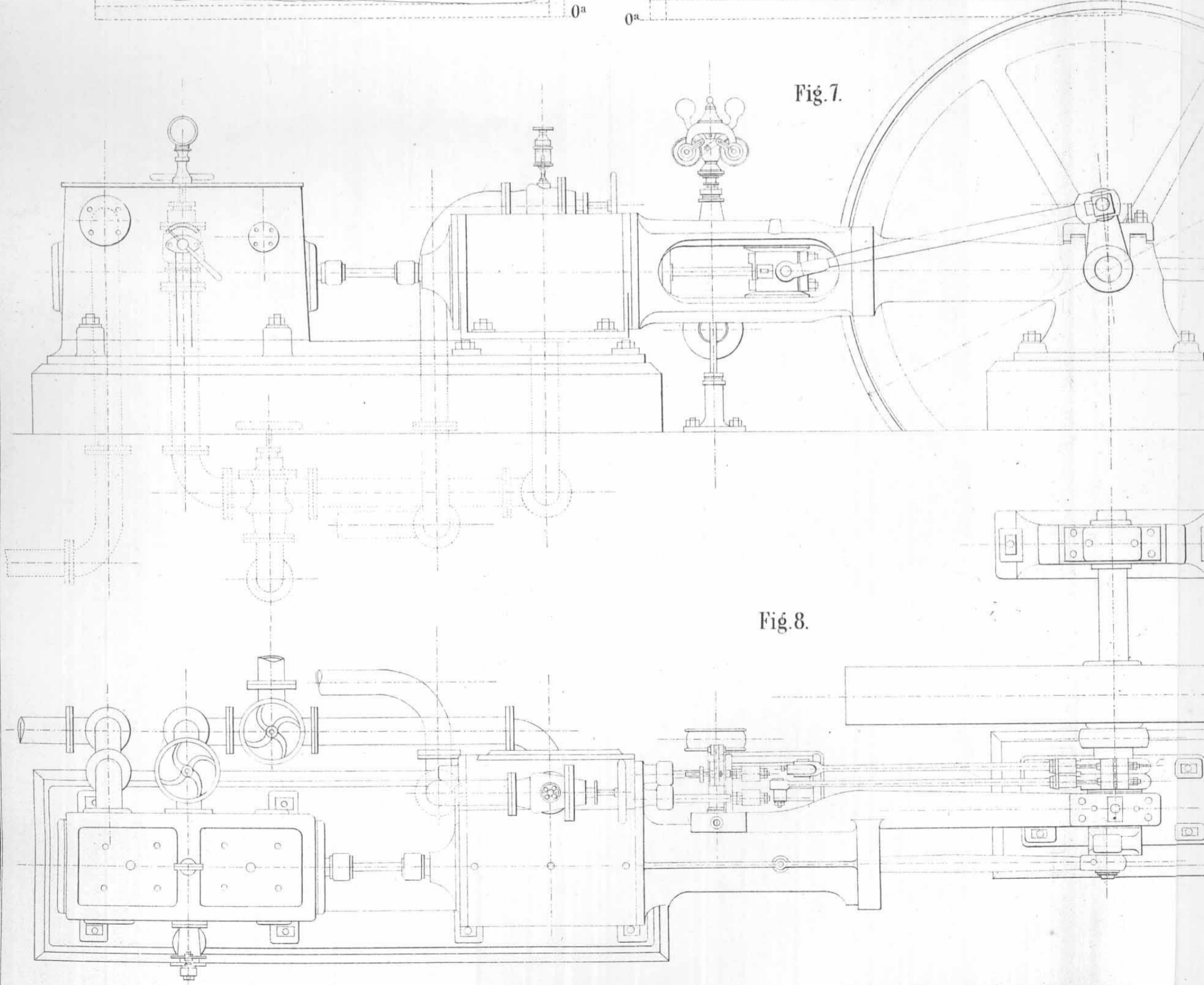
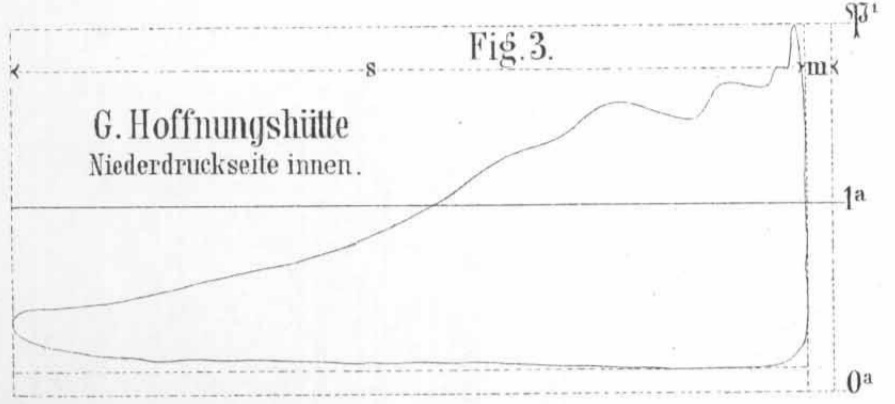
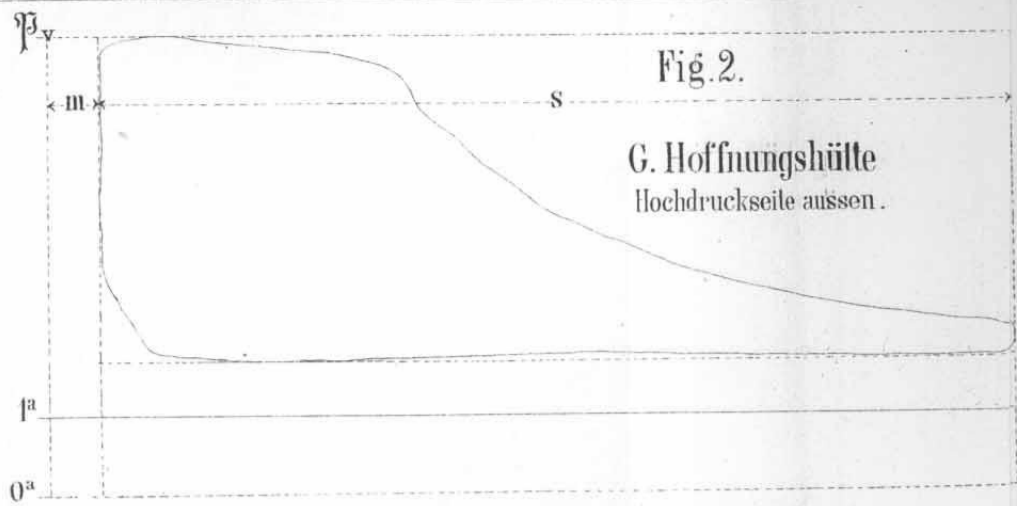
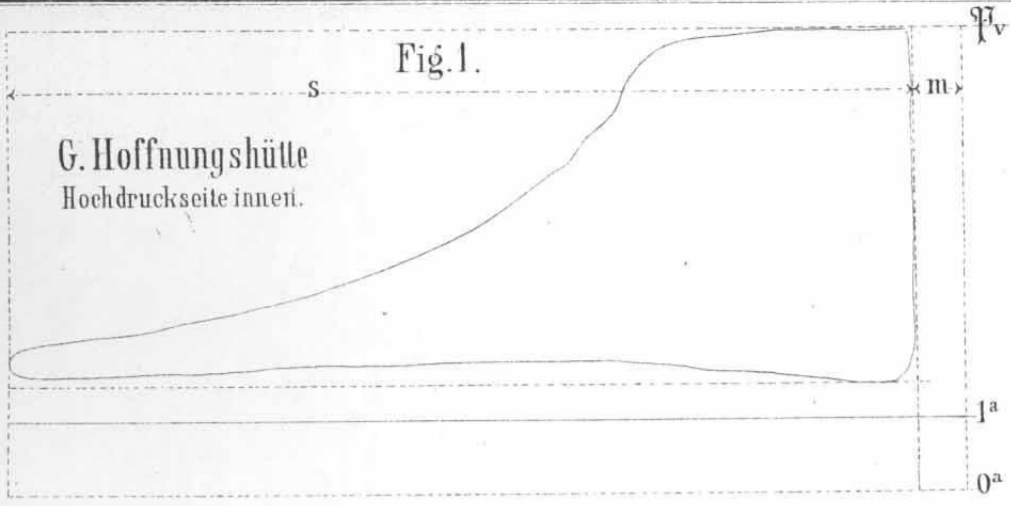
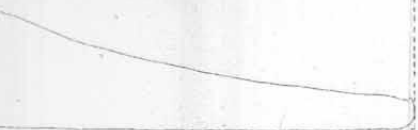
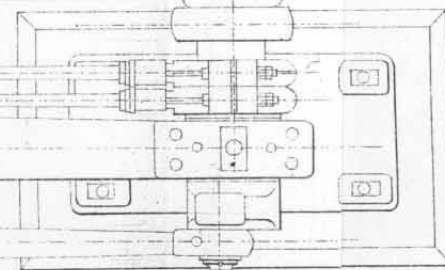
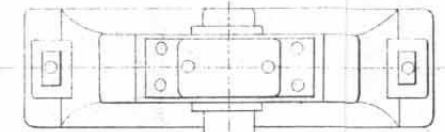
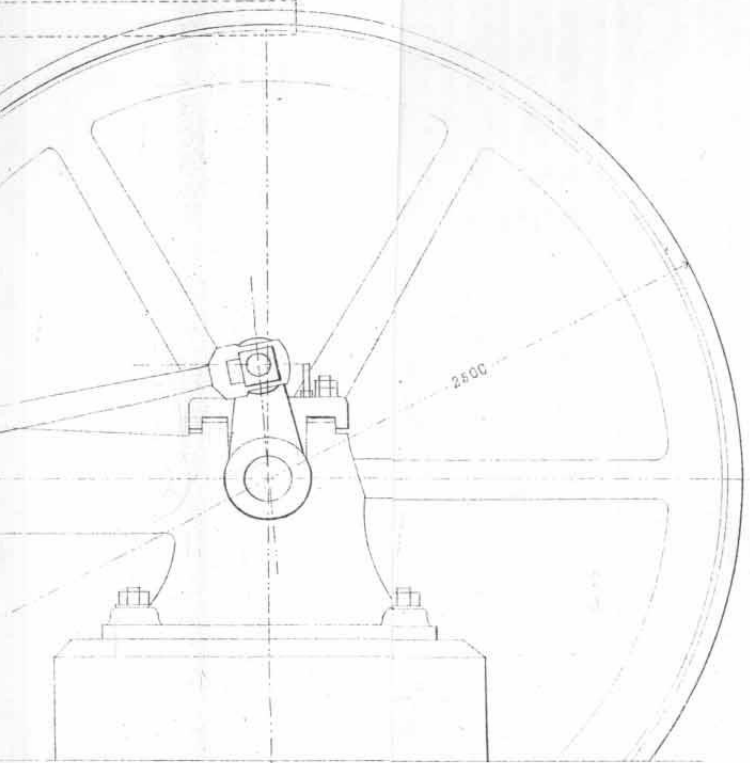


Fig. 2.

G. Hoffnungshütte  
Hochdruckseite aussen.



ngshütte  
eile aussen.



Maassstab = 1:20.

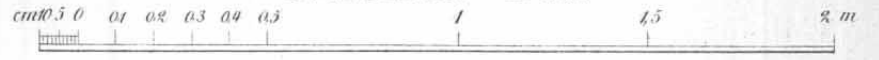


Fig. 5.

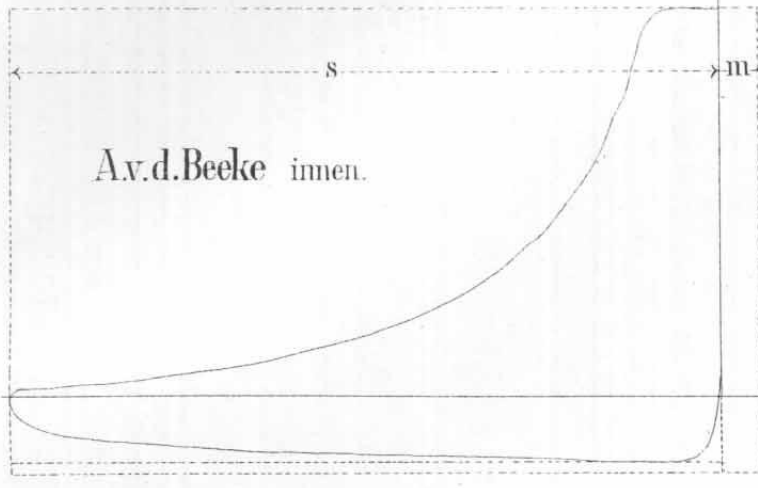


Fig. 6.

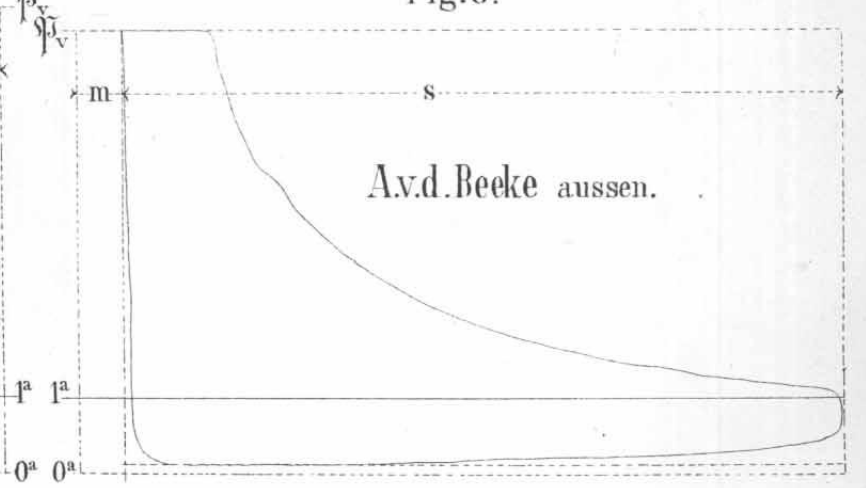


Fig. 9.

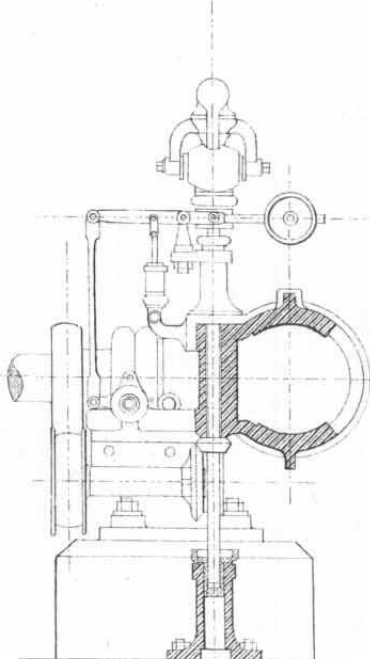


Fig. 10.

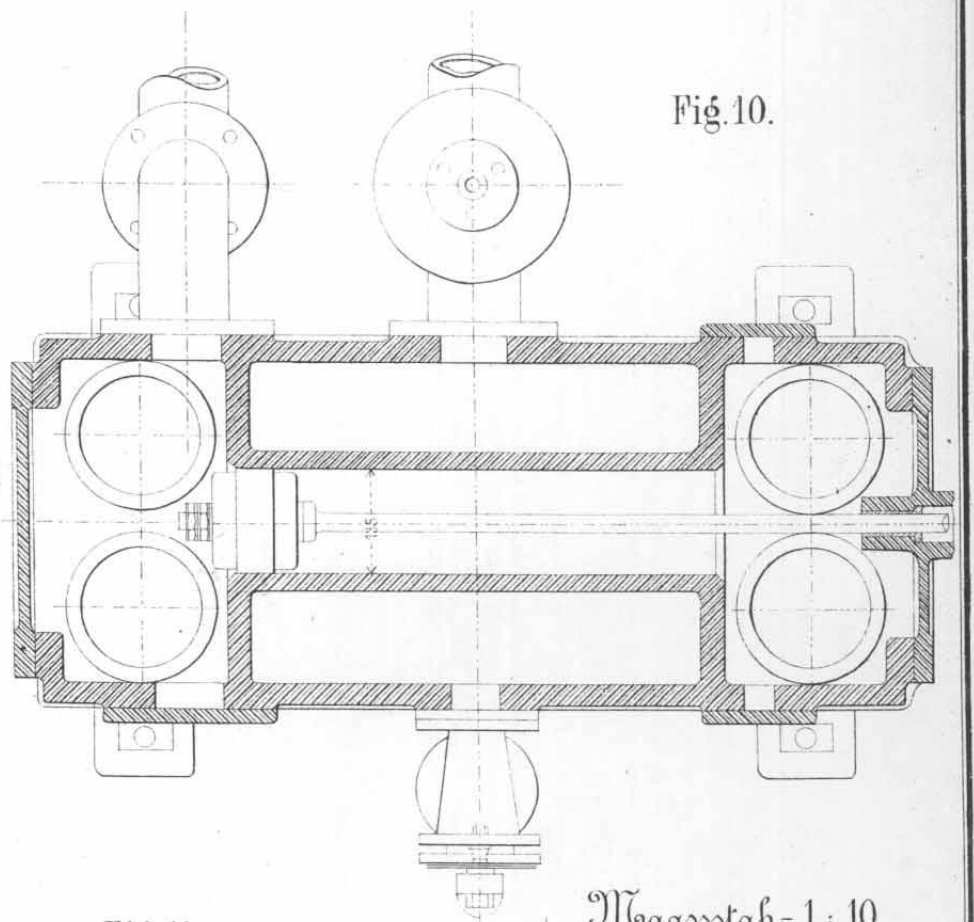
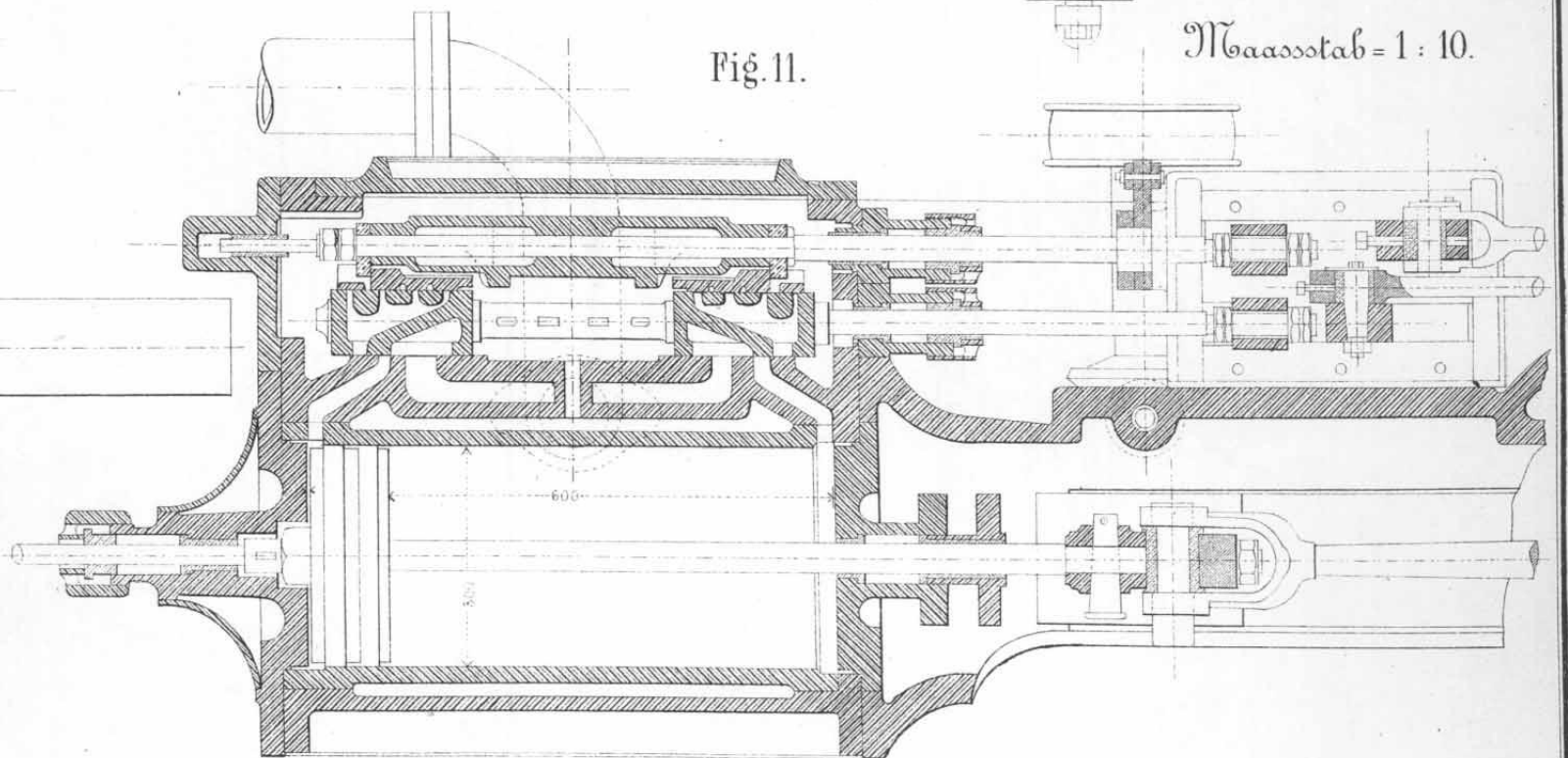
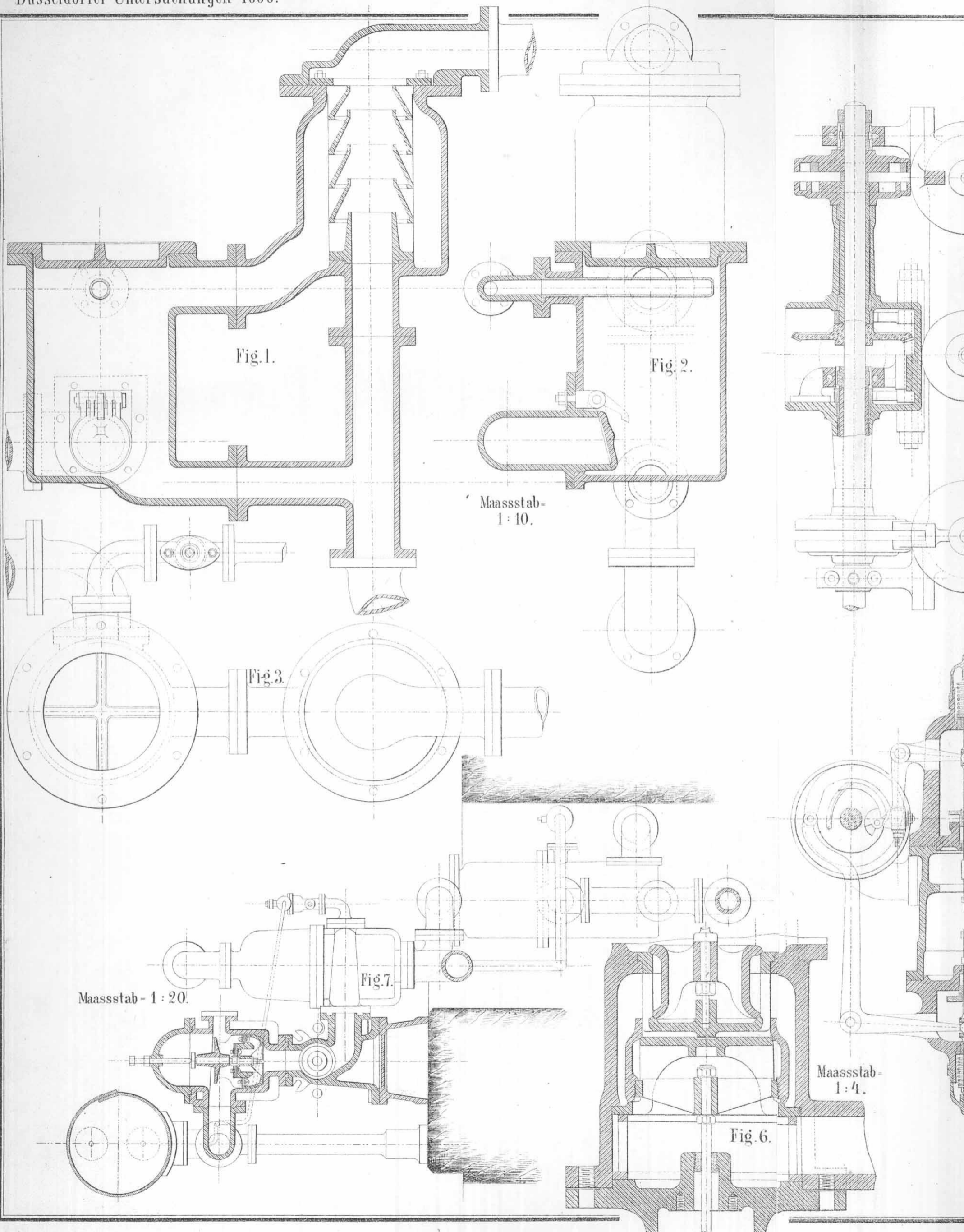


Fig. 11.

Maassstab = 1:10.







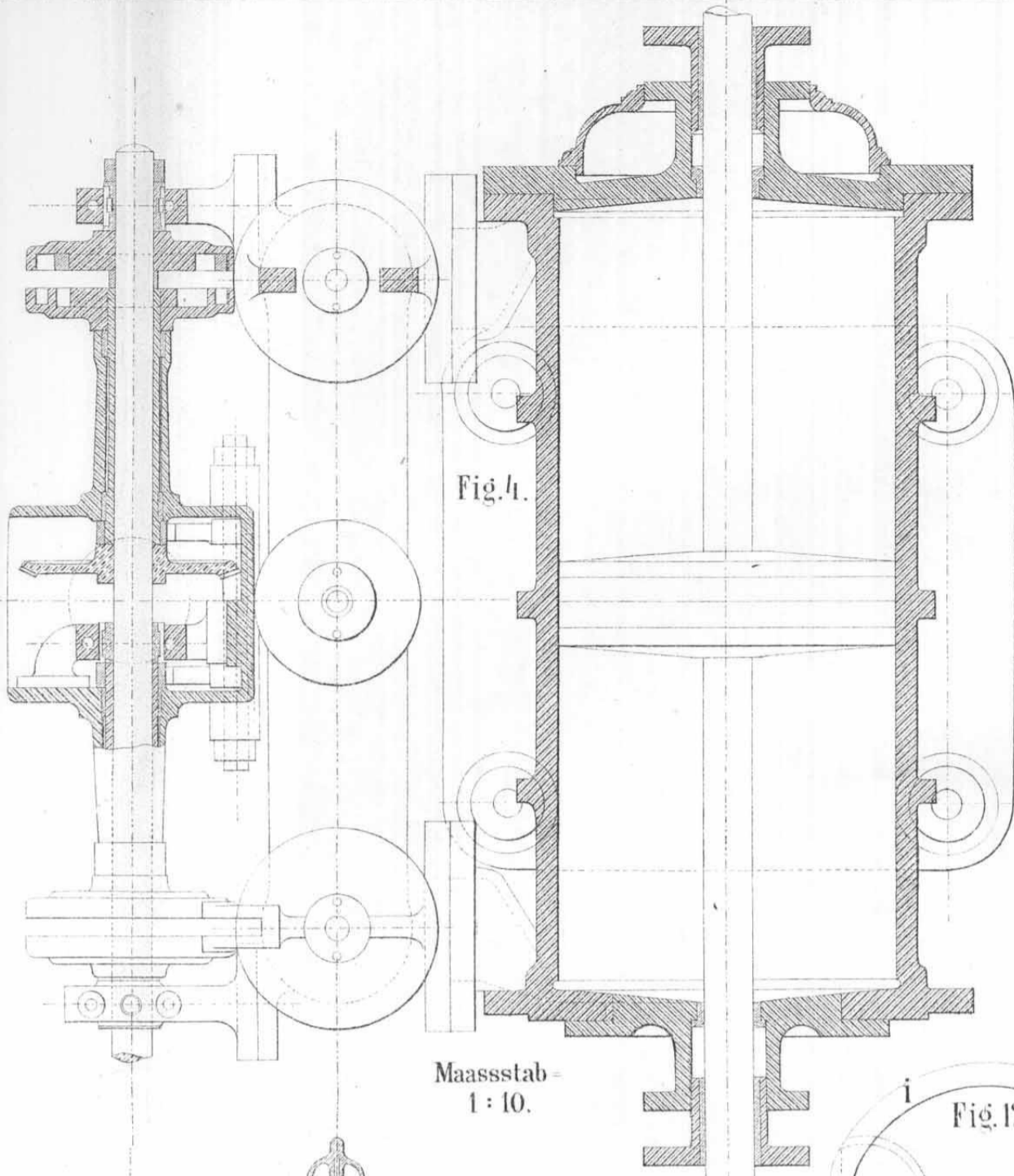


Fig. 4.

Maassstab = 1 : 10.



Fig. 8.

h

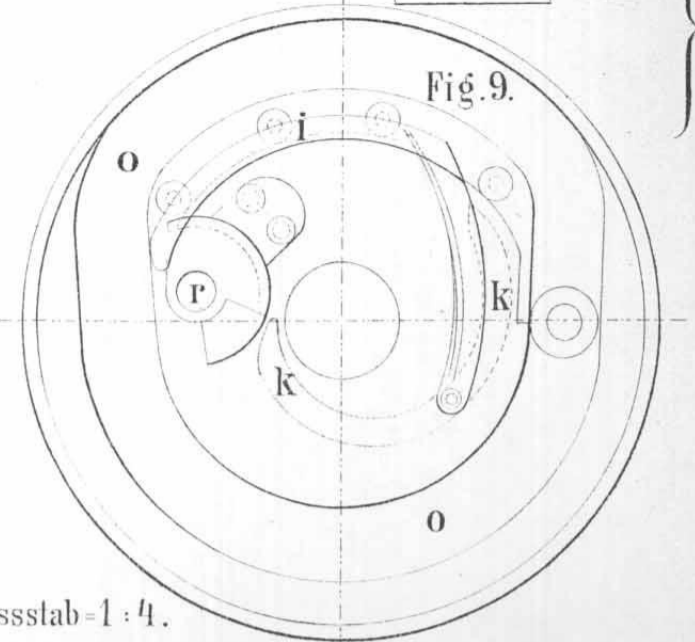


Fig. 9.

Maassstab = 1 : 4.

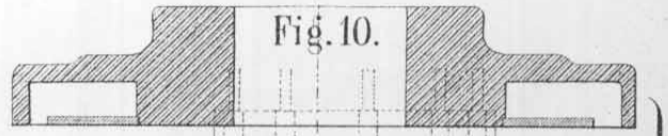


Fig. 10.

h

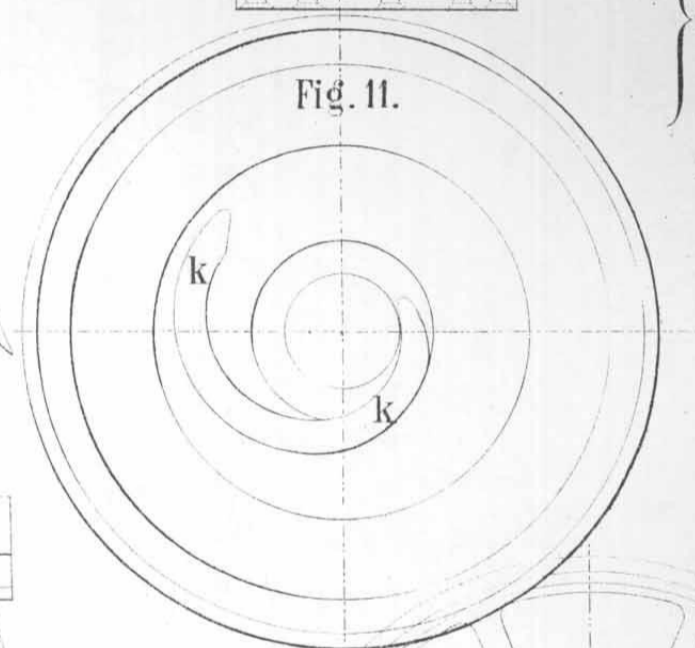


Fig. 11.

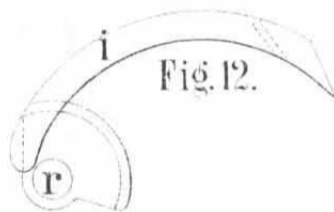


Fig. 12.

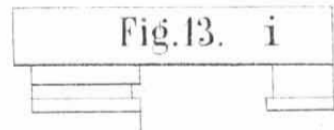


Fig. 13. i

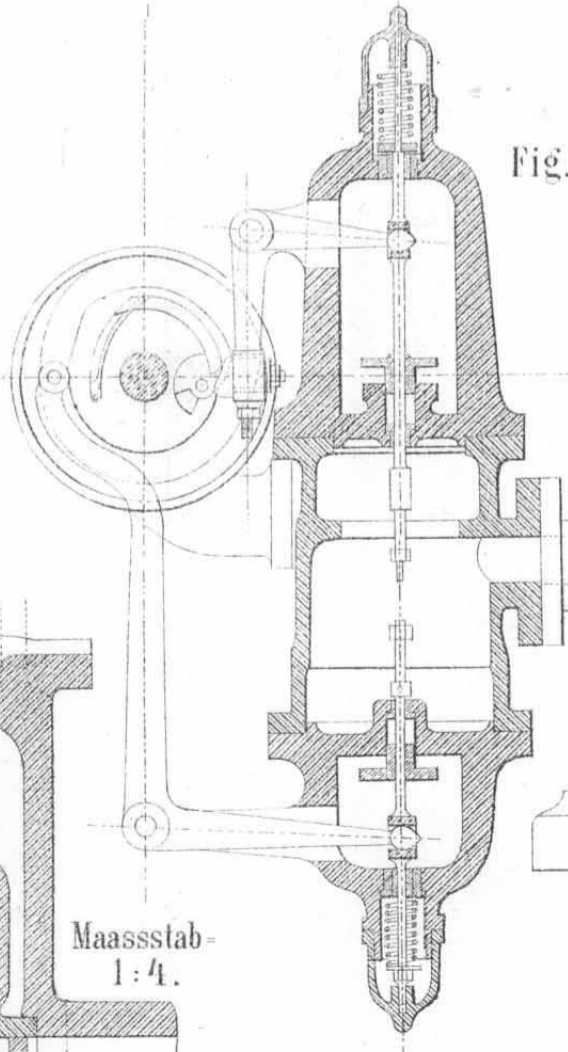


Fig. 5.

Maassstab = 1 : 4.

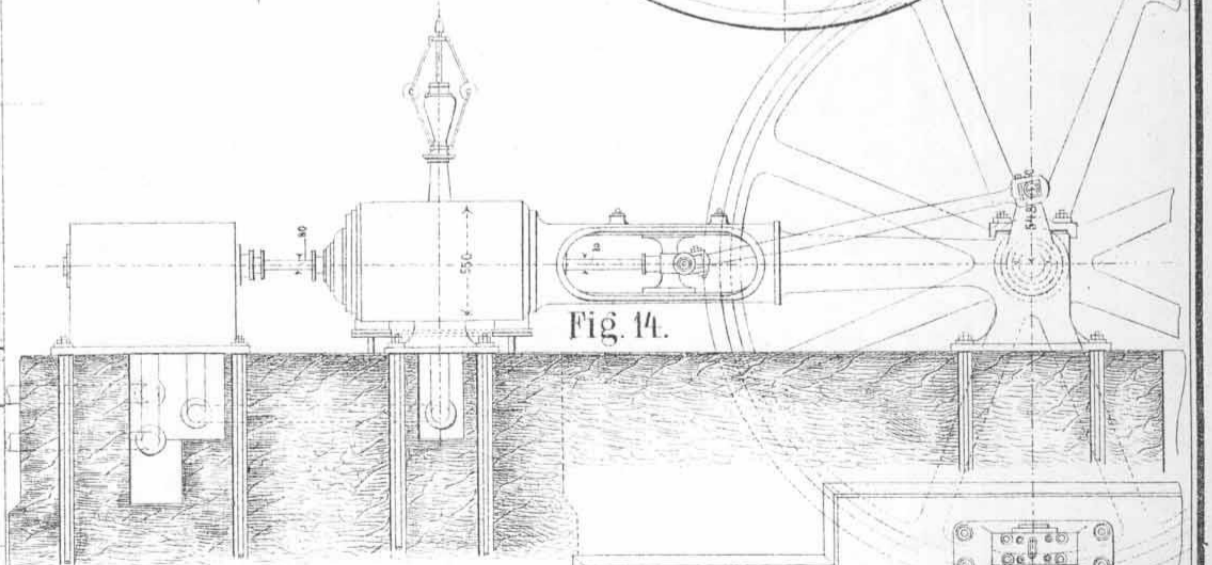


Fig. 14.

Maassstab = 1 : 60.

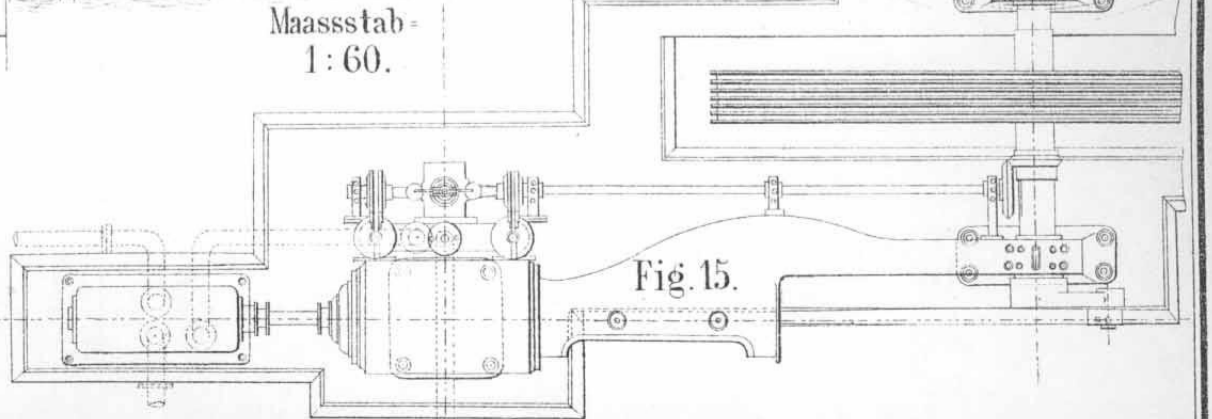
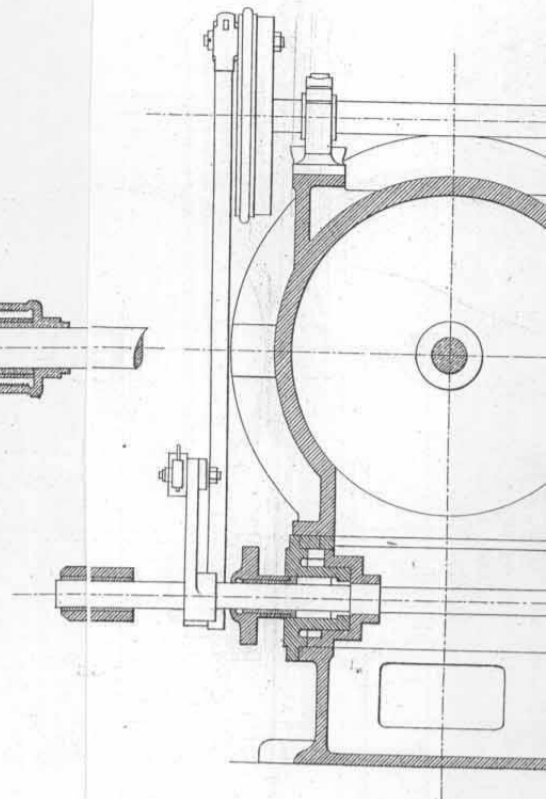
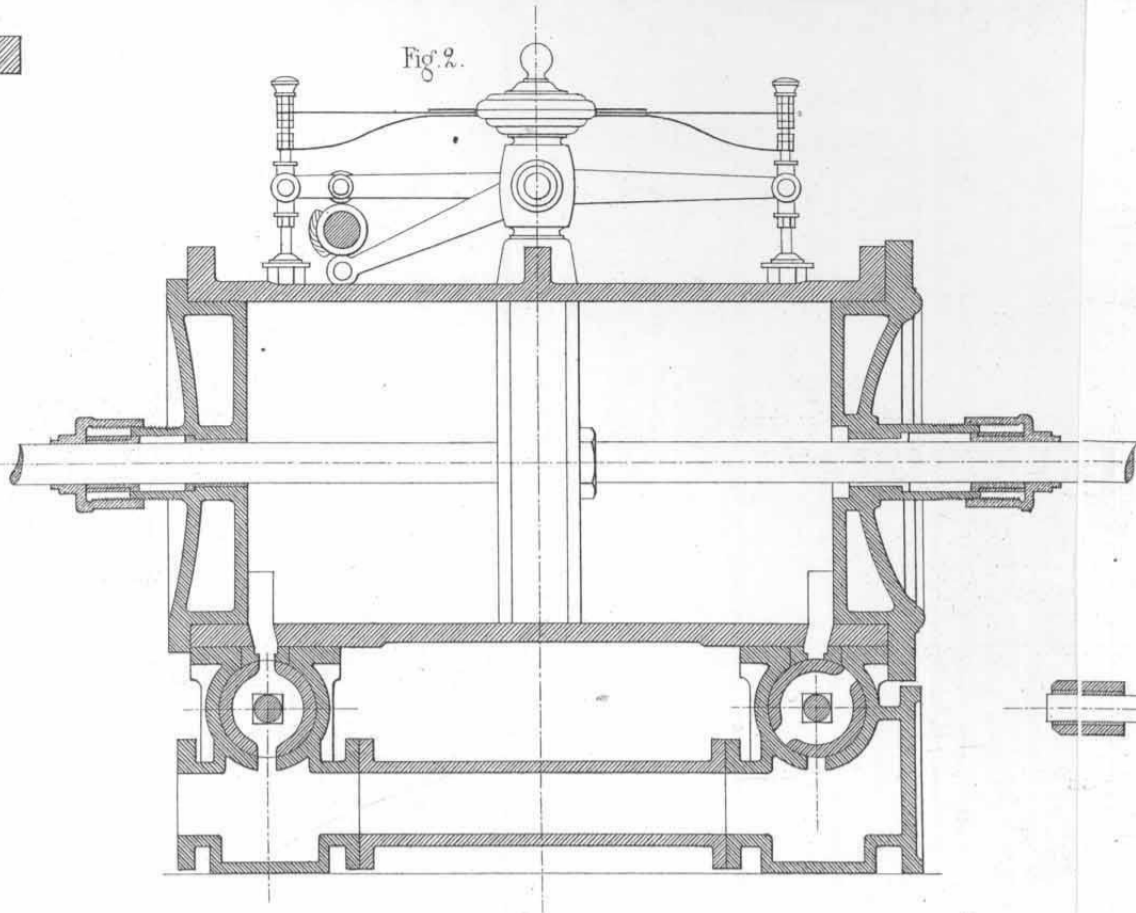
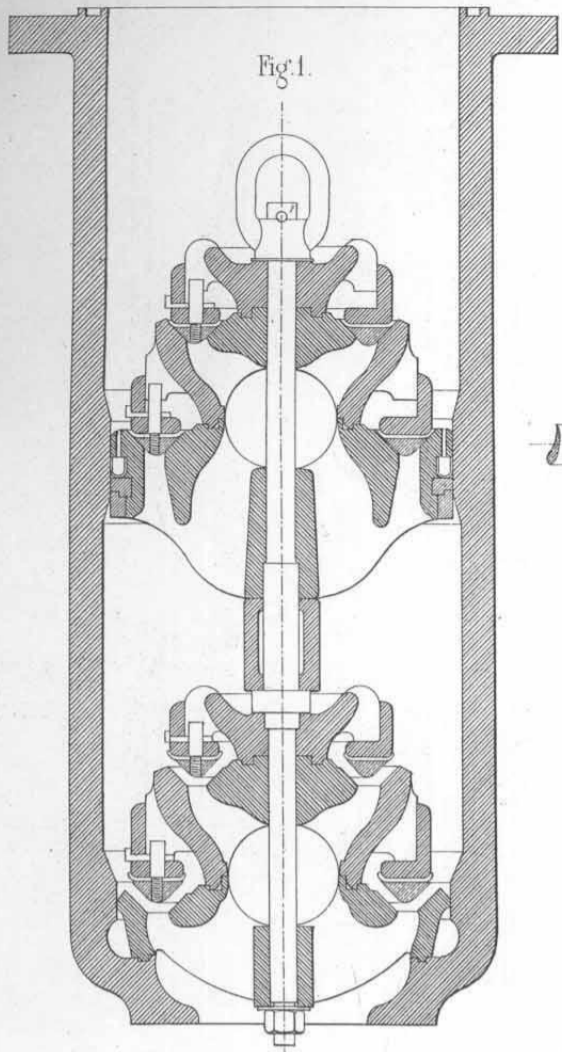


Fig. 15.



0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0

Maafsstab 1:15.

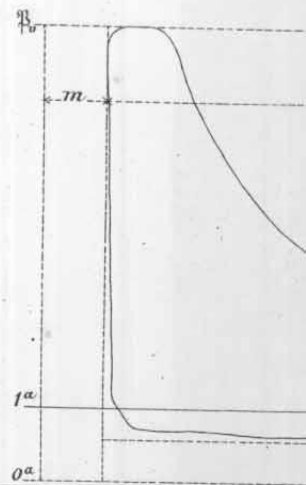
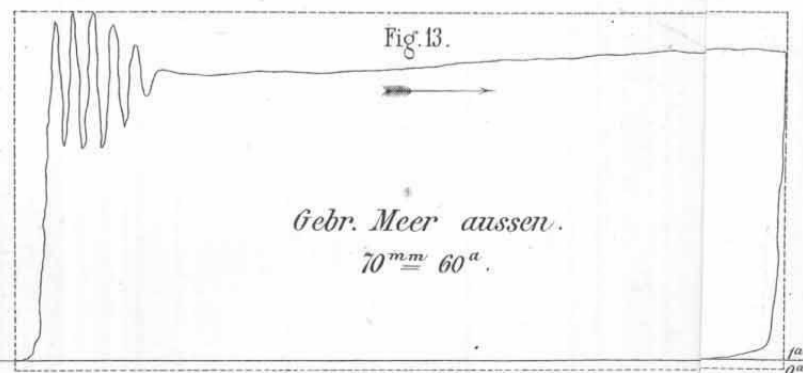
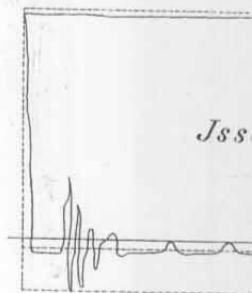
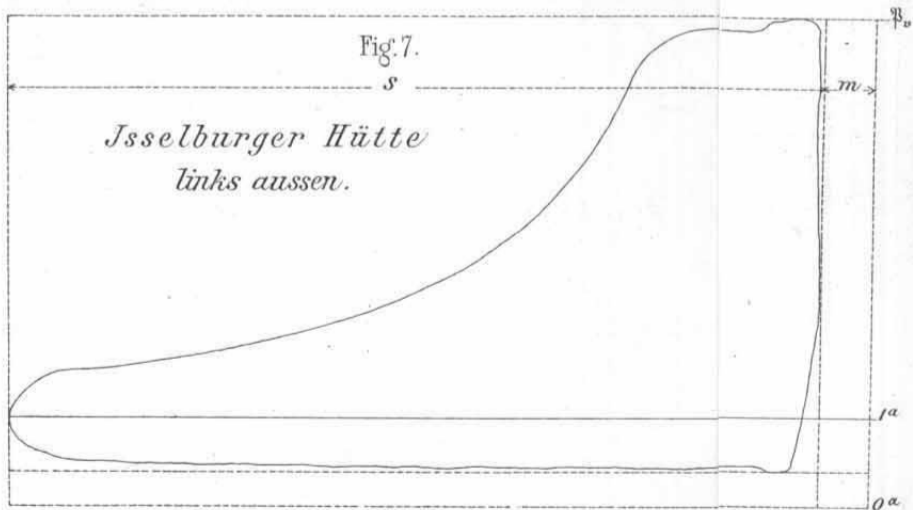
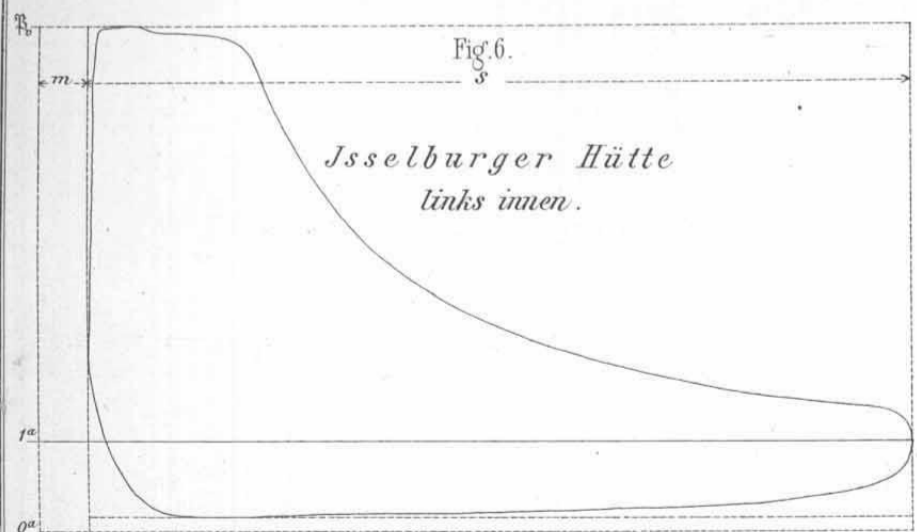
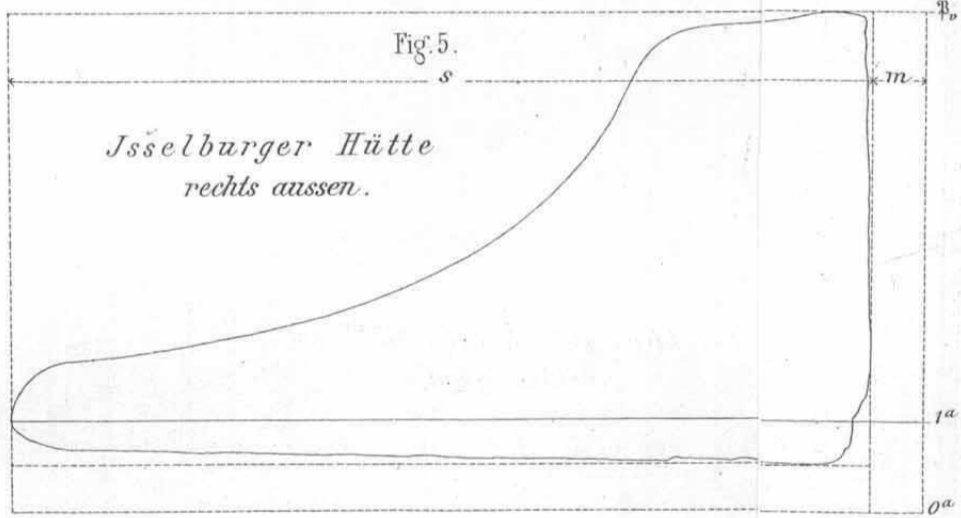
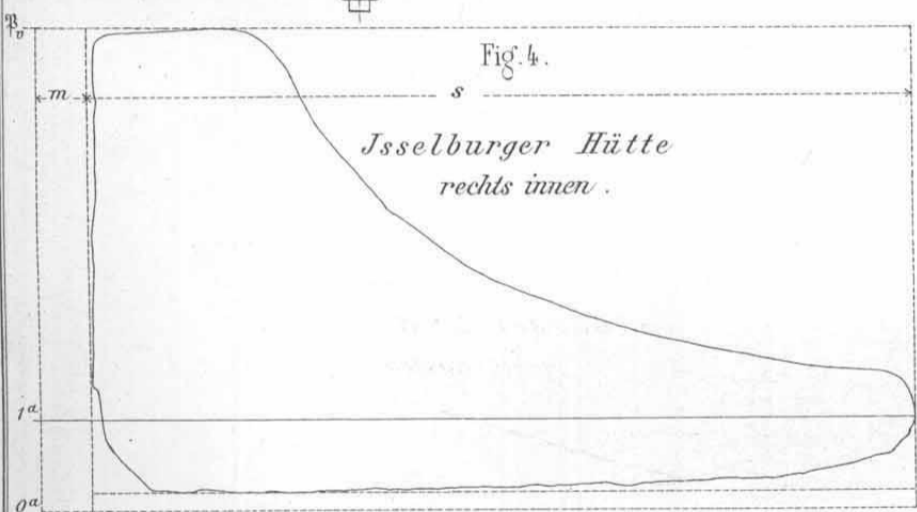
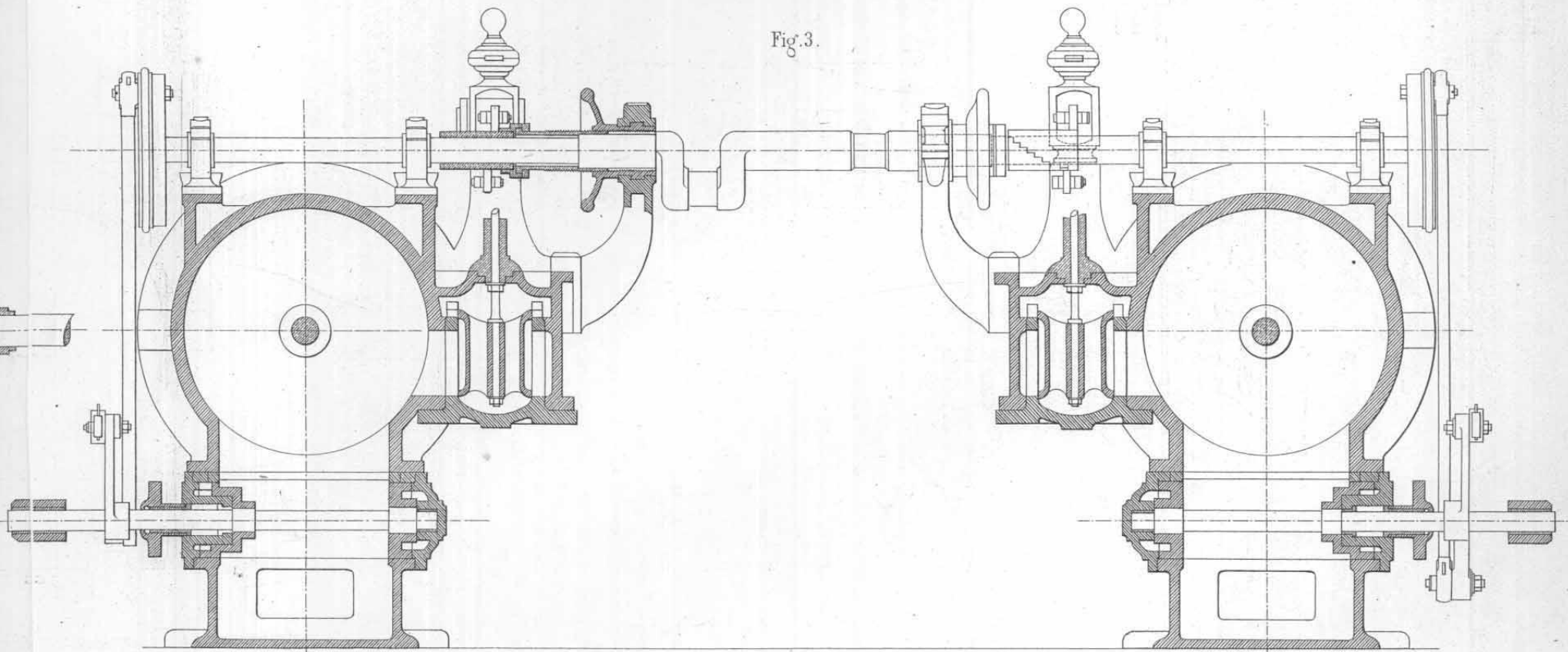
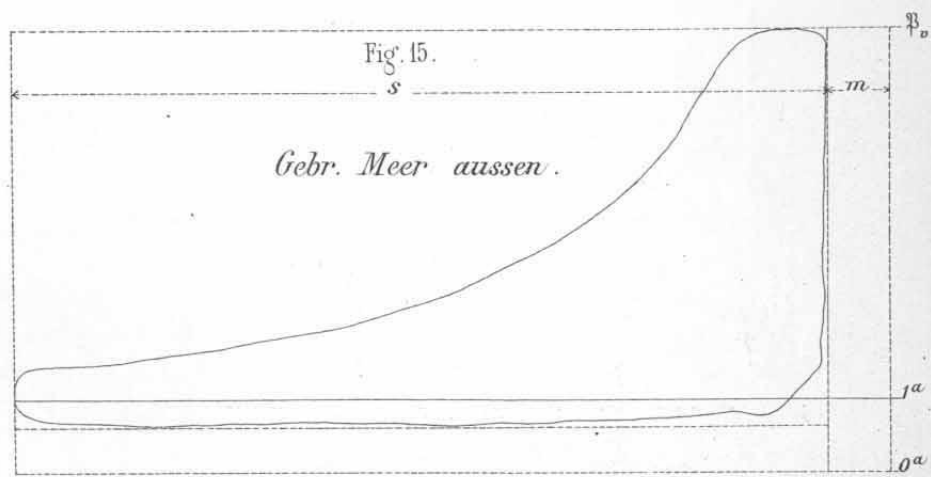
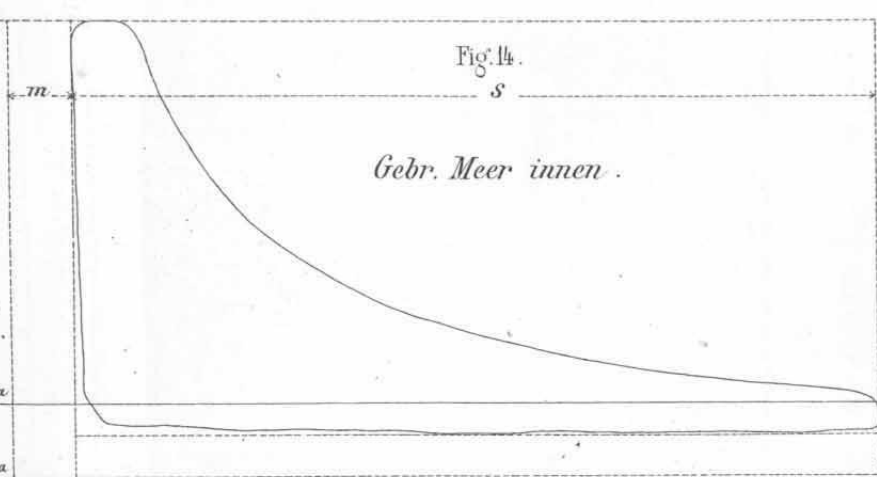
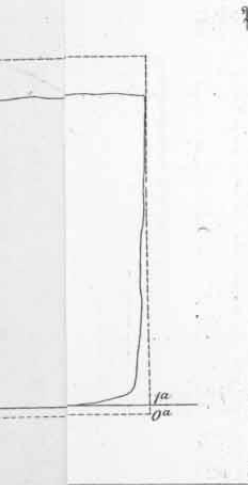
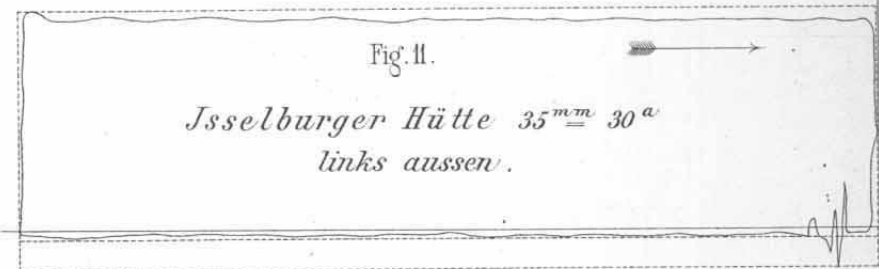
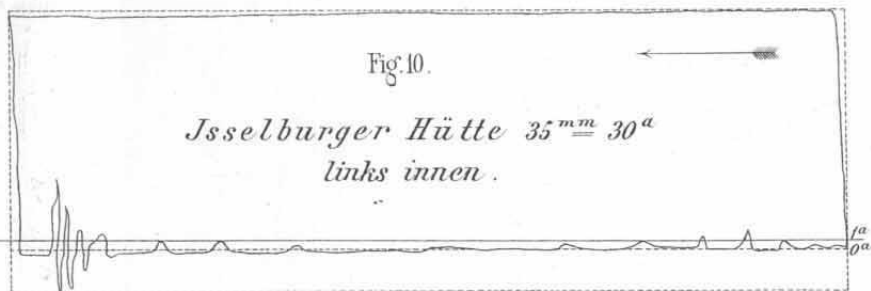
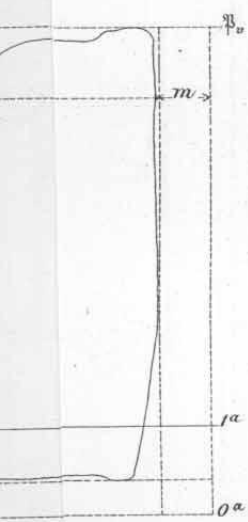
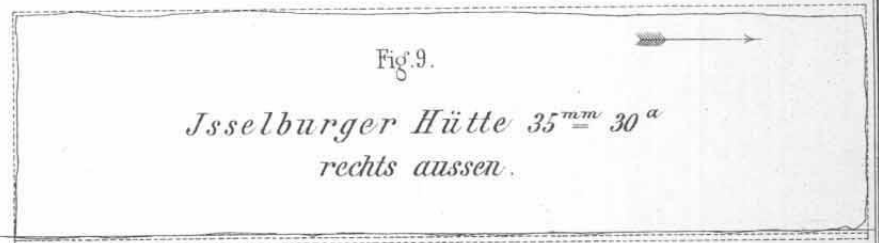
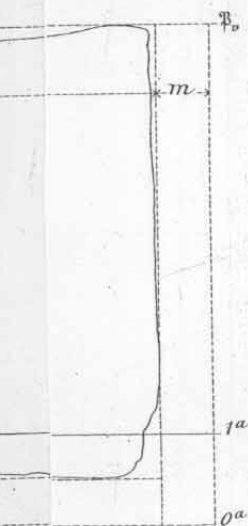
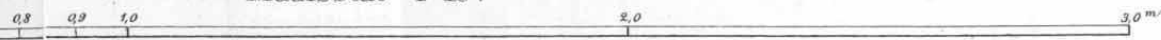


Fig. 3.



Maafsstab 1:15.



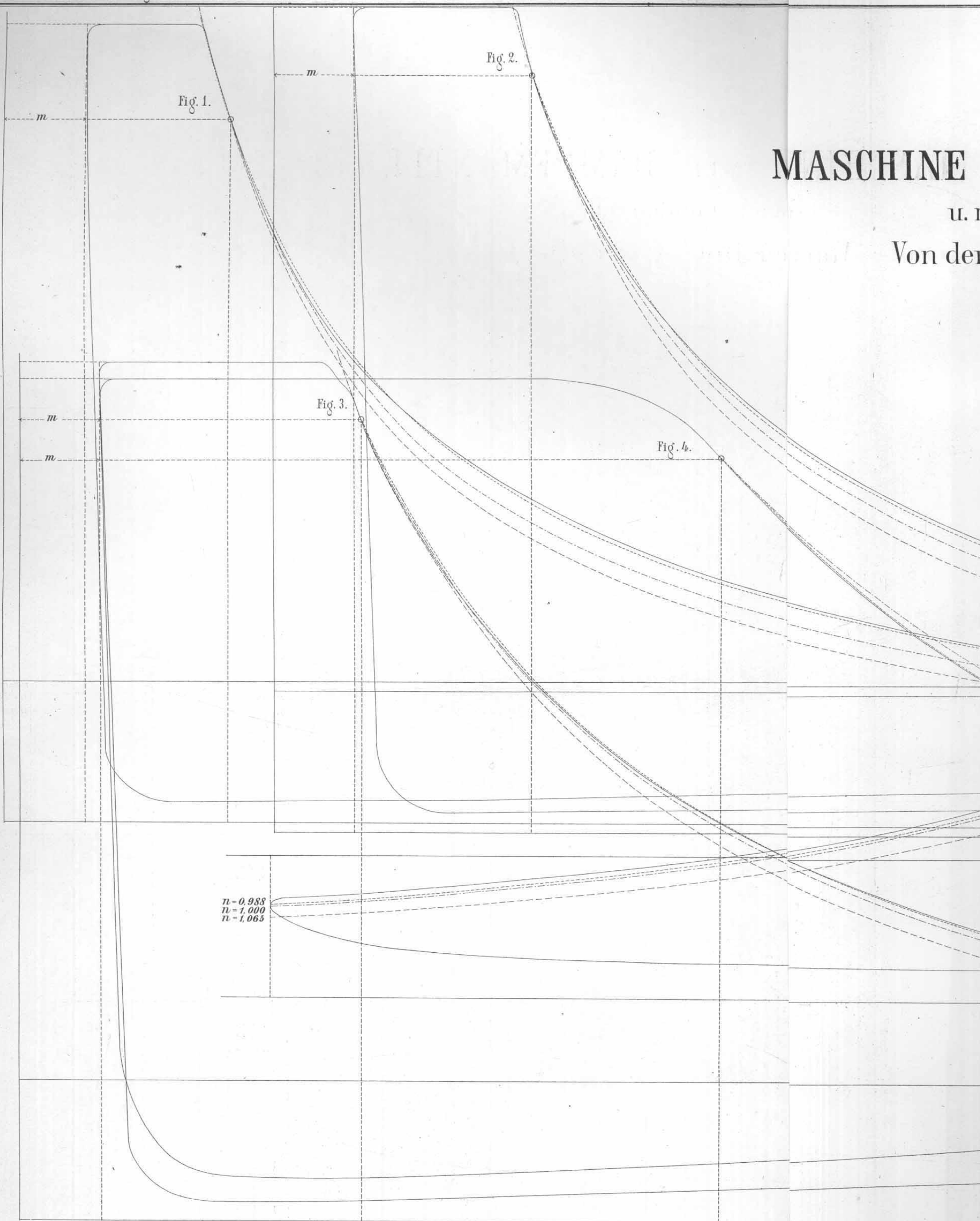




# MASCHINE

u. d.

Von der

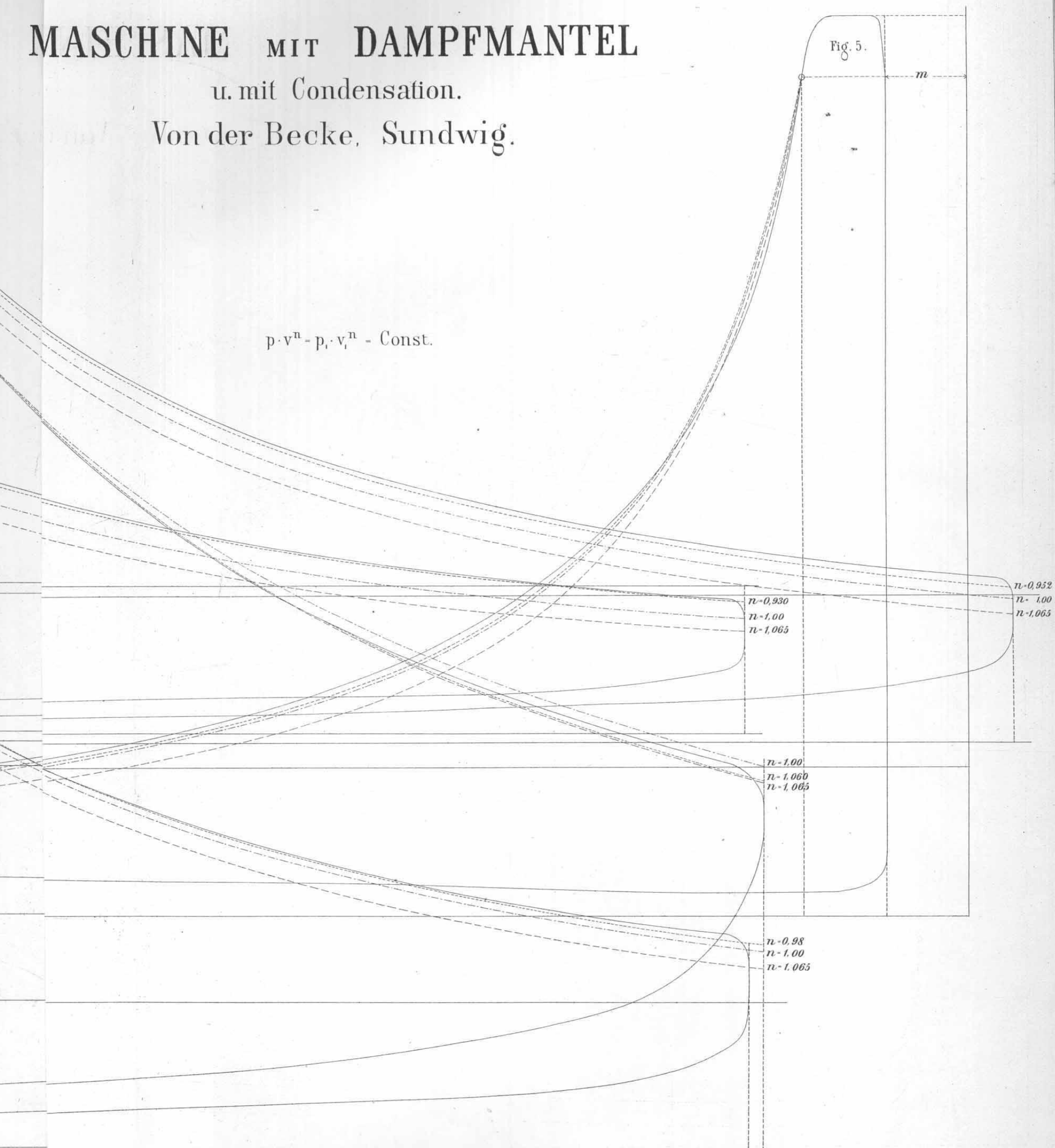


# MASCHINE MIT DAMPFMANTEL

u. mit Condensation.

Von der Becke, Sundwig.

$$p \cdot v^n - p_1 \cdot v_1^n = \text{Const.}$$





# MASCHINEN OHNE DAMPE

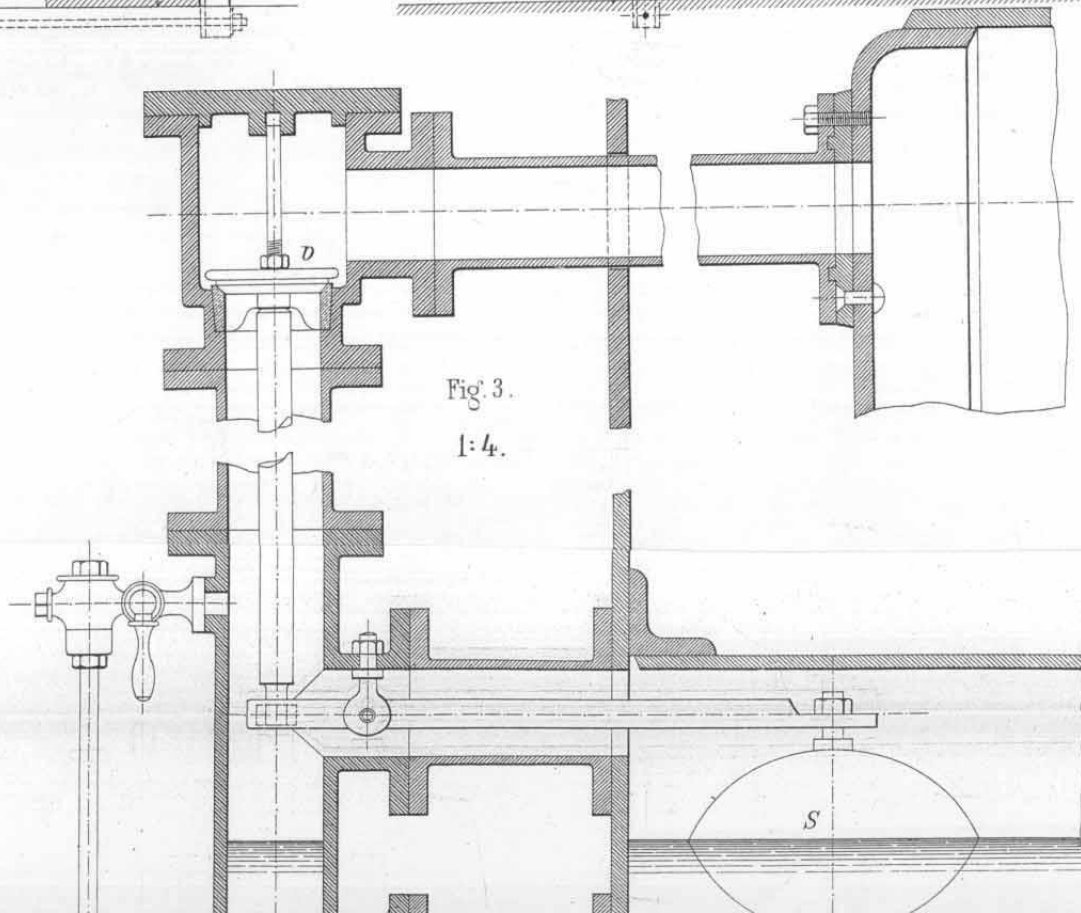
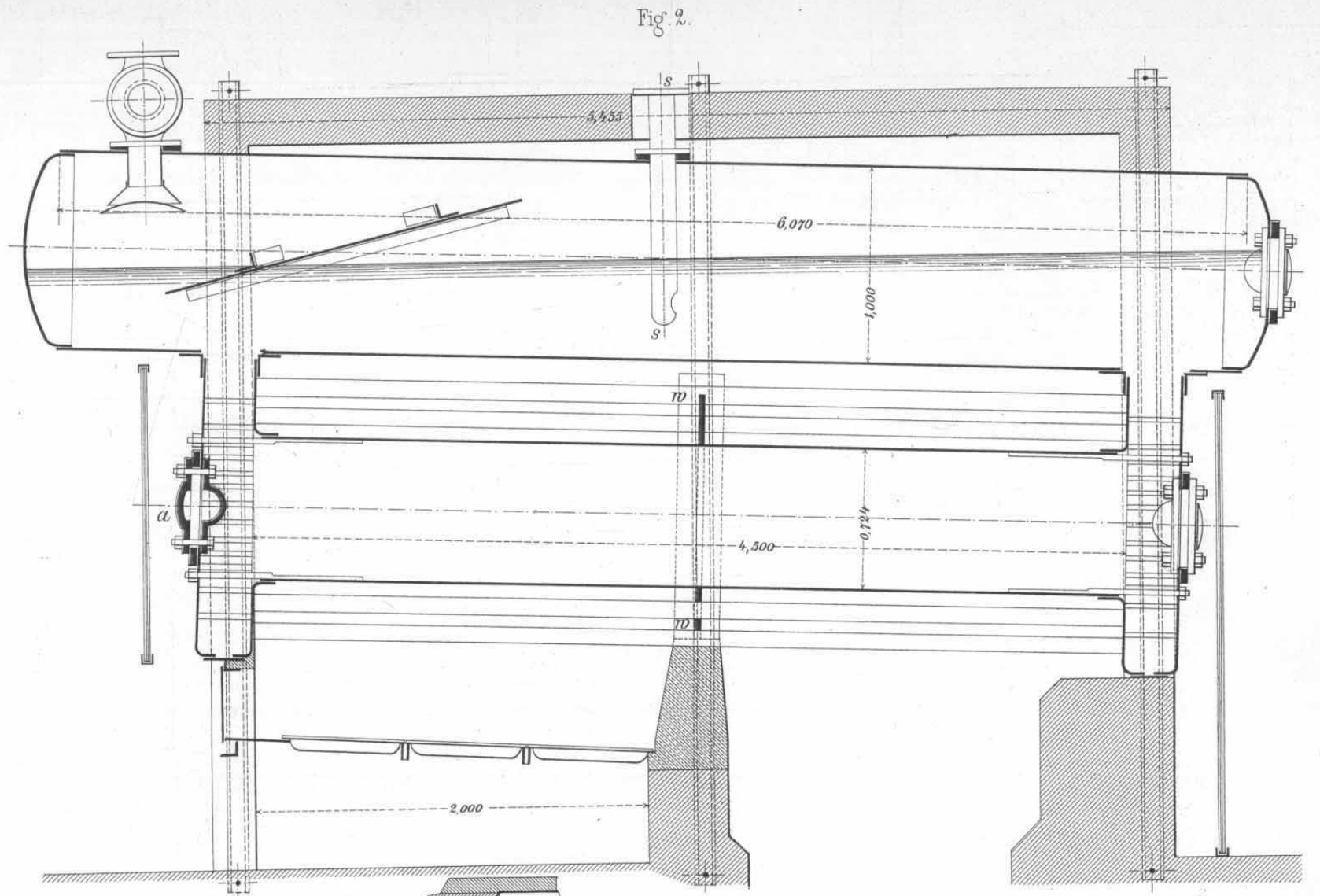
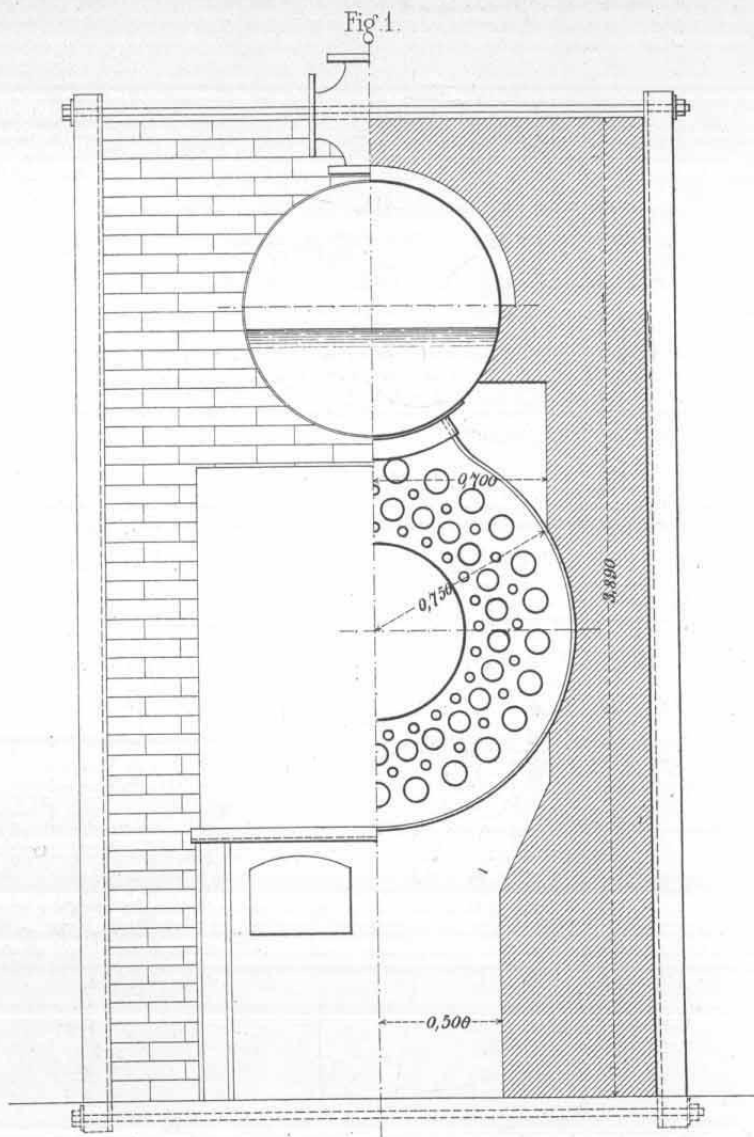
ohne Condensation.

Ernst Wortmann  
Ruhroert.

$$p \cdot v^n = p_1 \cdot v_1^n = \text{Const.}$$







Maafsstab 1:30.



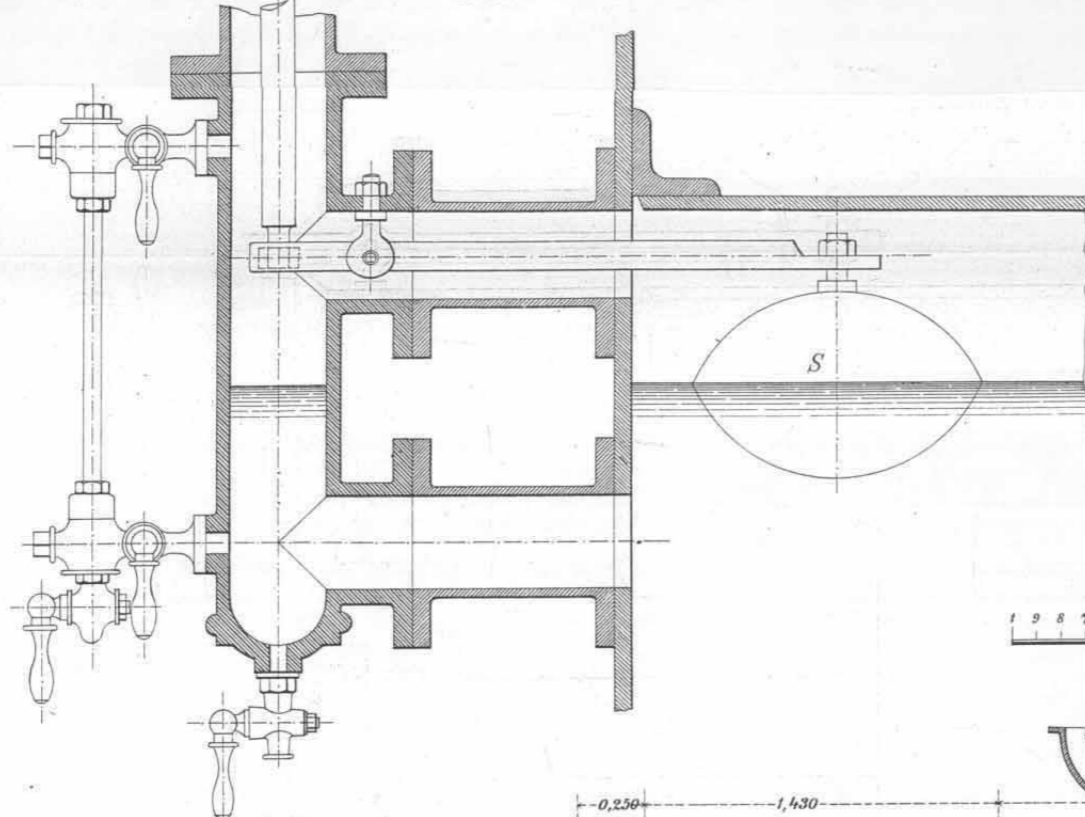


Fig. 4.

Maafsstab 1:30.

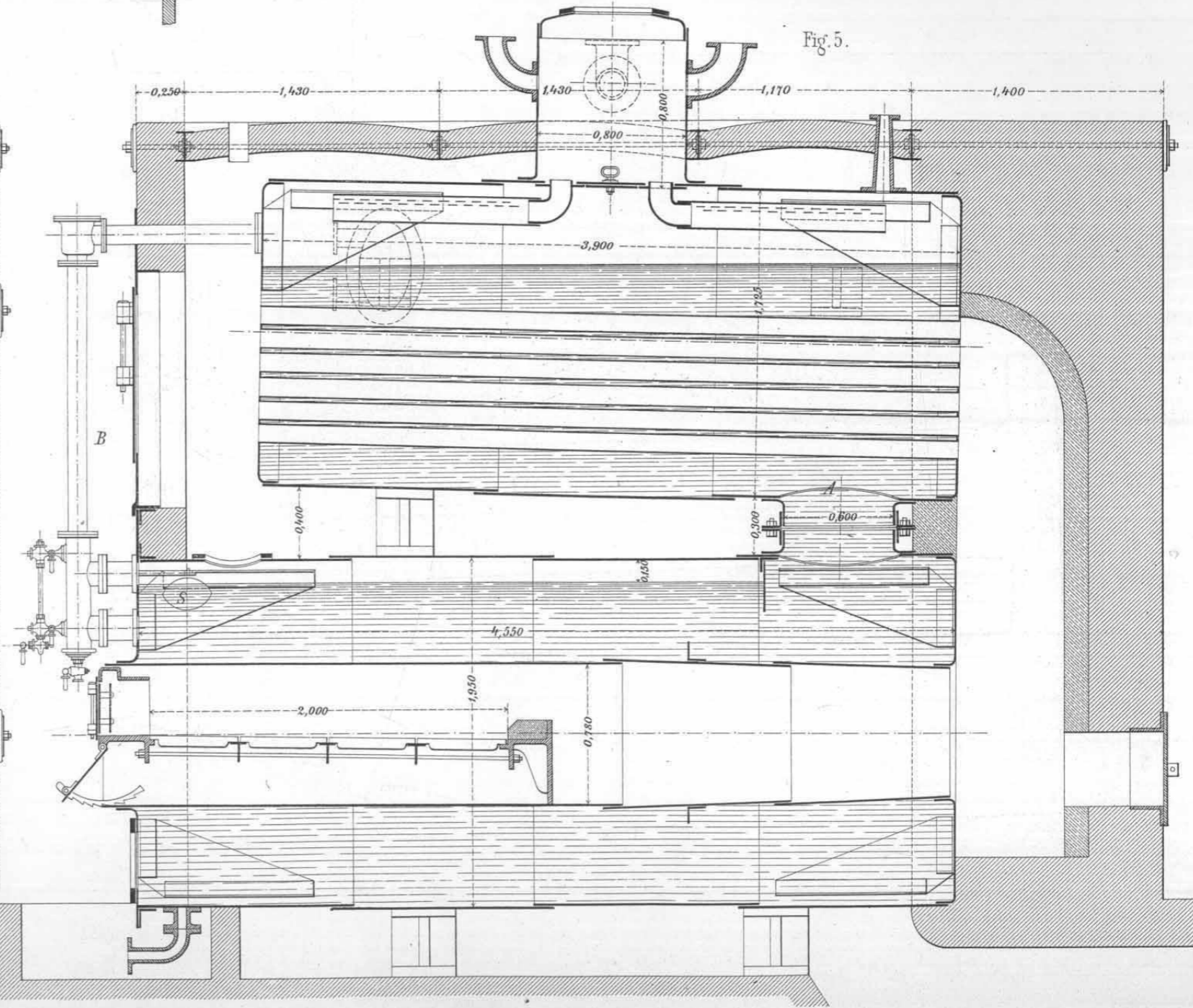
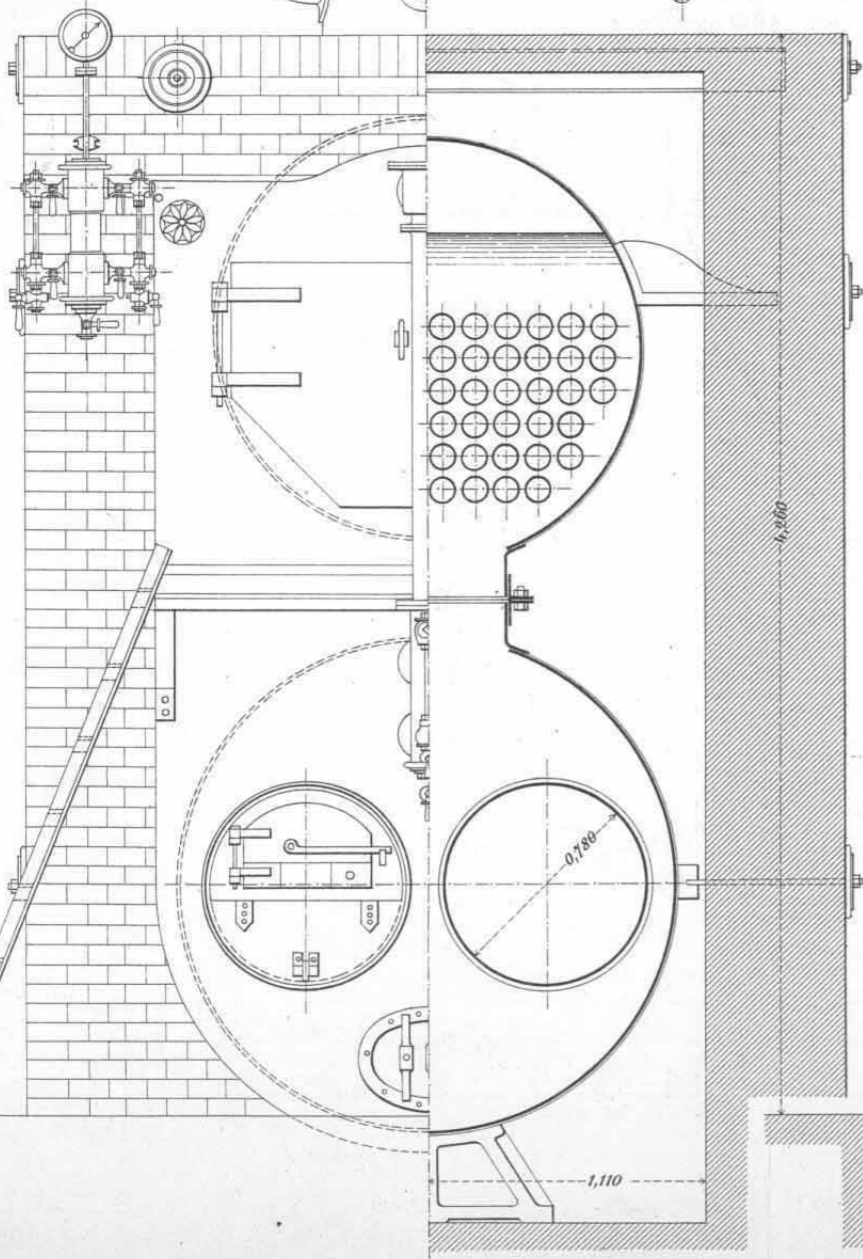


Fig. 5.



Maafsstab = 1:50.

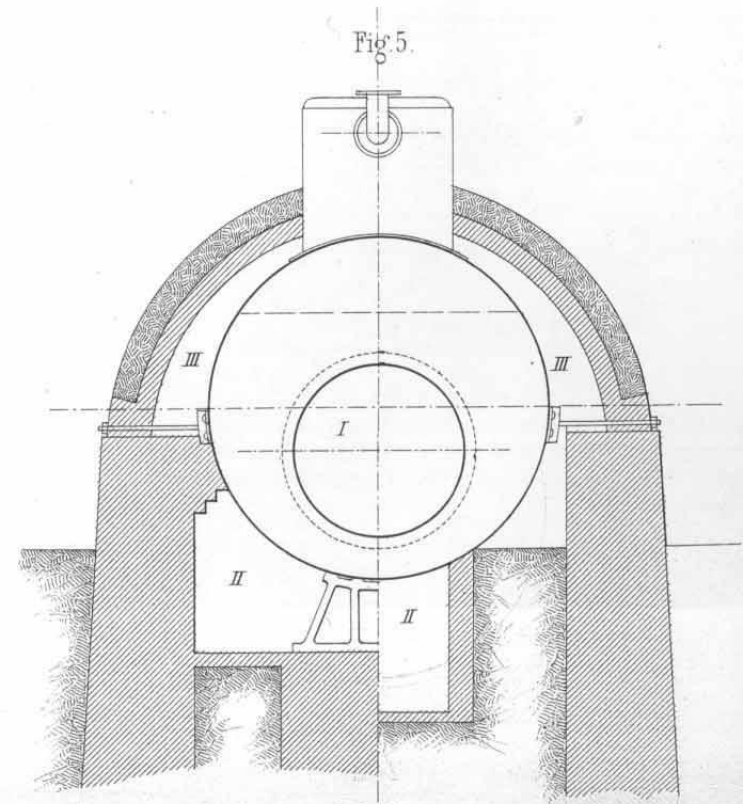
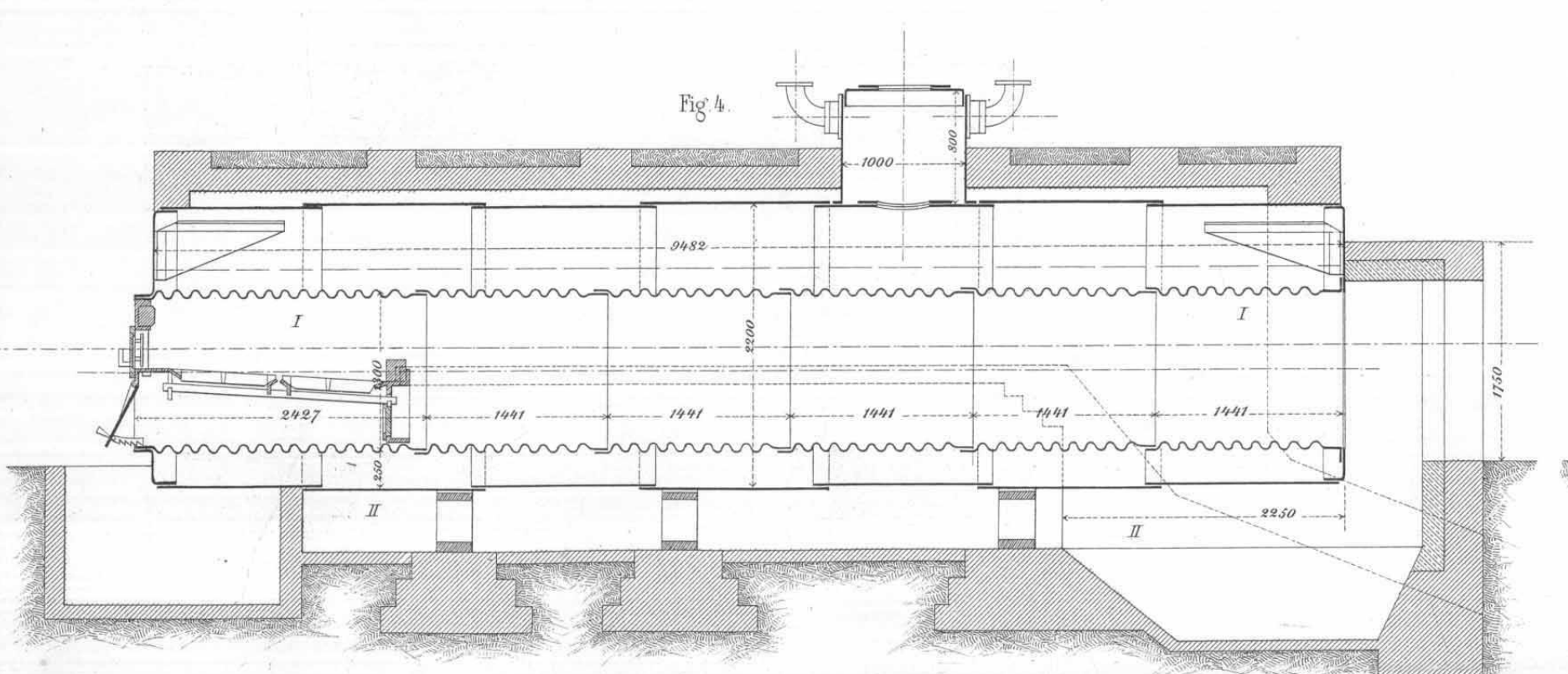
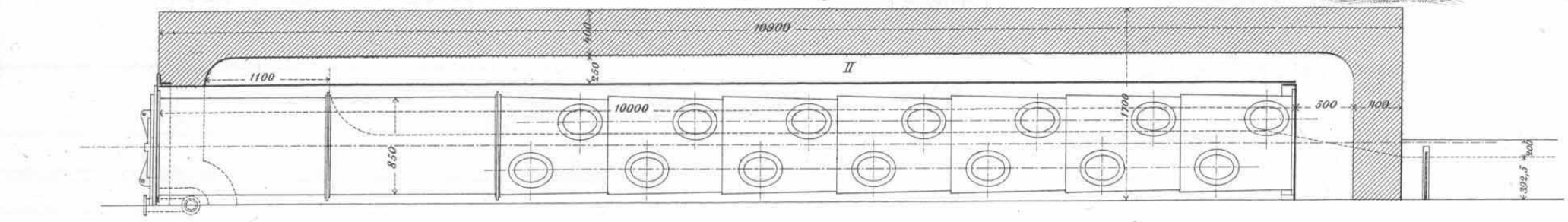
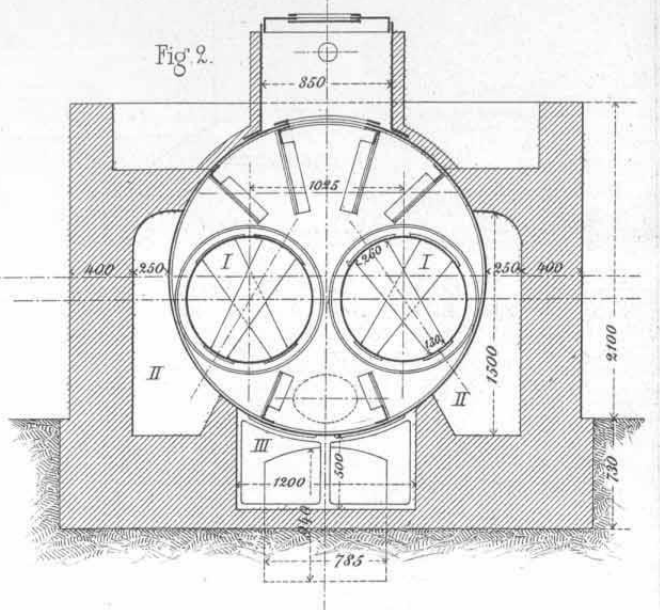
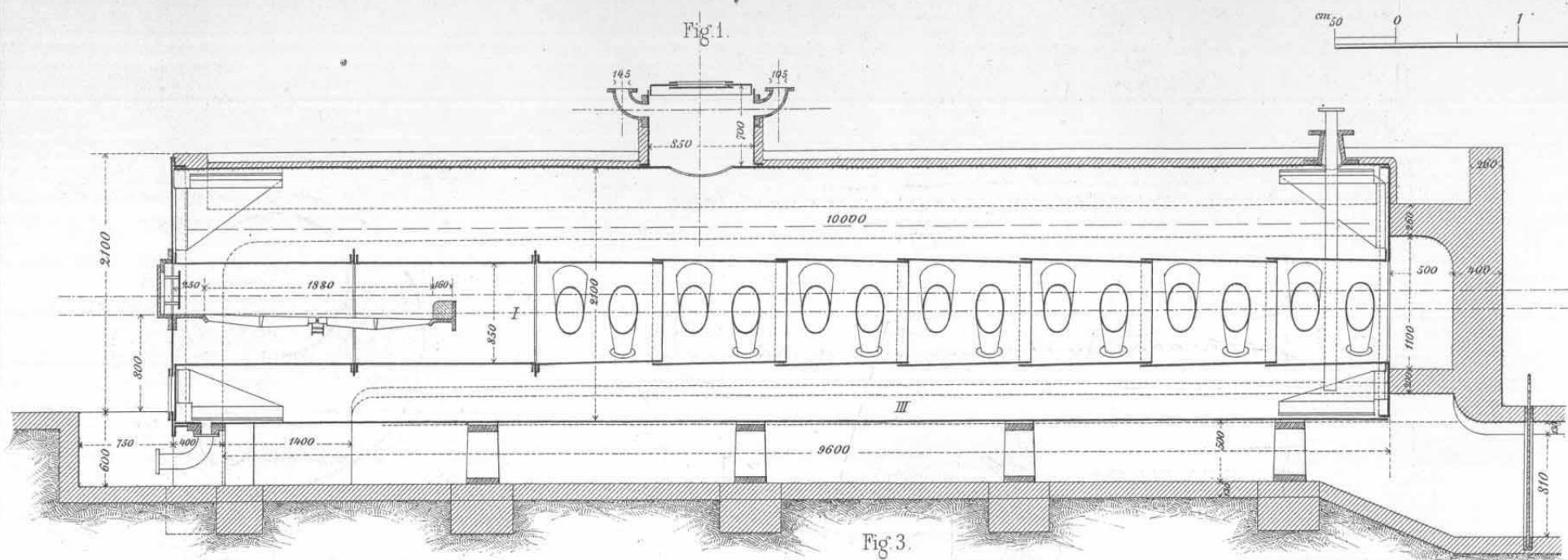
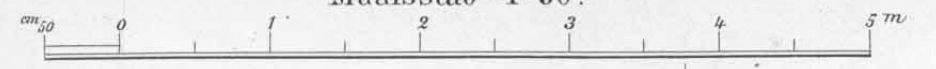


Fig. 7.

Fig. 6.

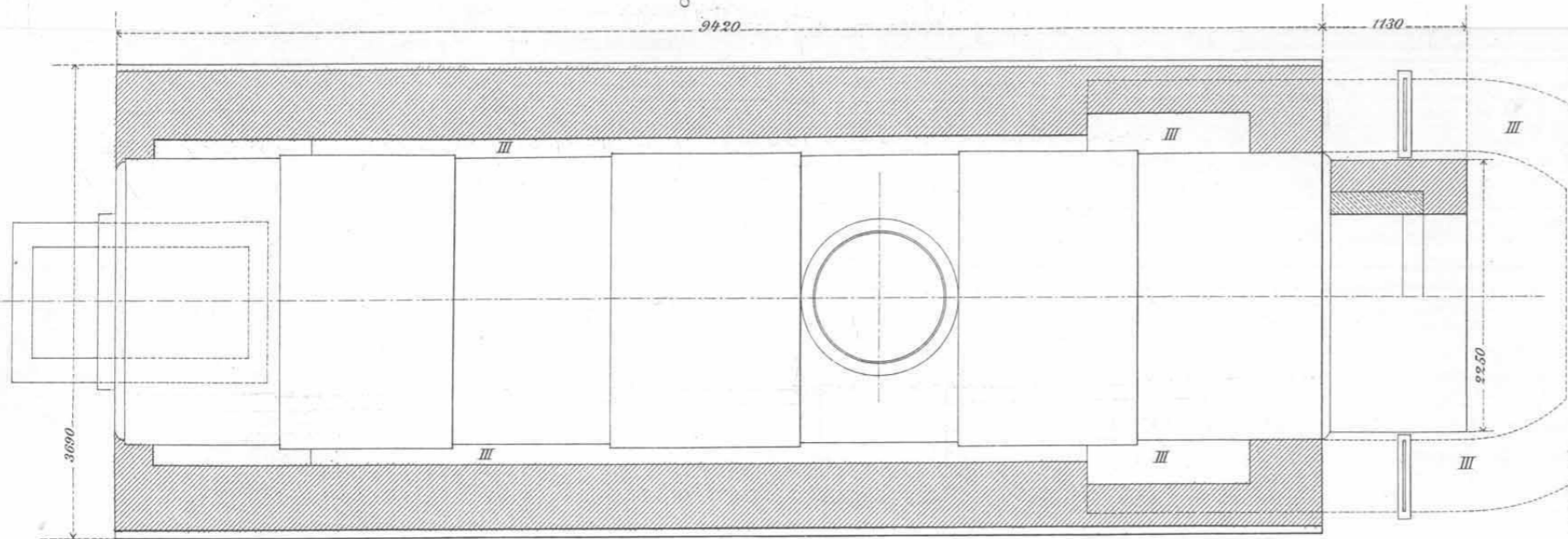


Fig. 7.

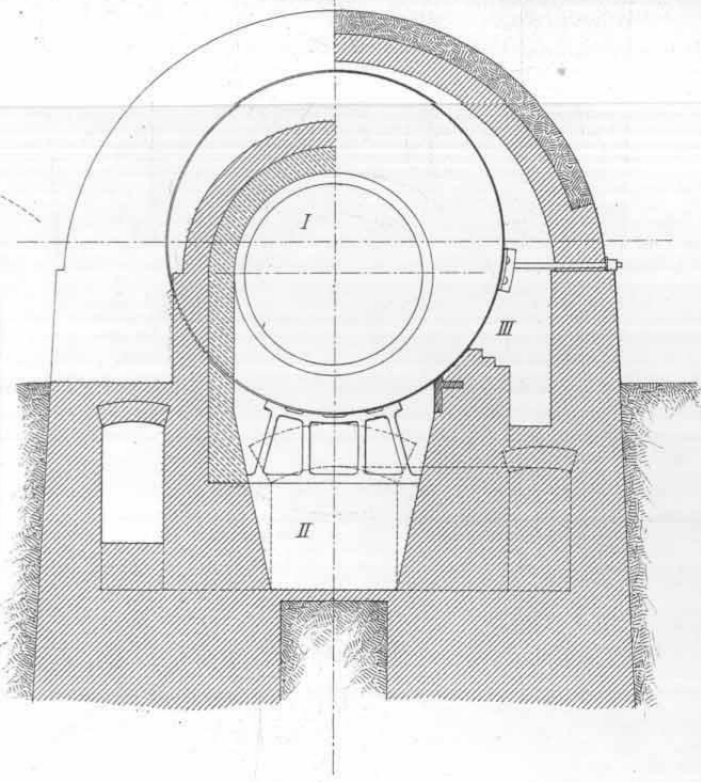


Fig. 8.

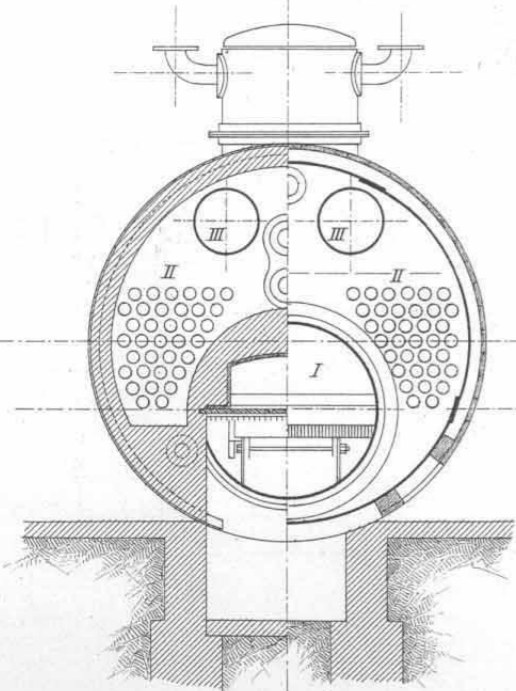


Fig. 9.

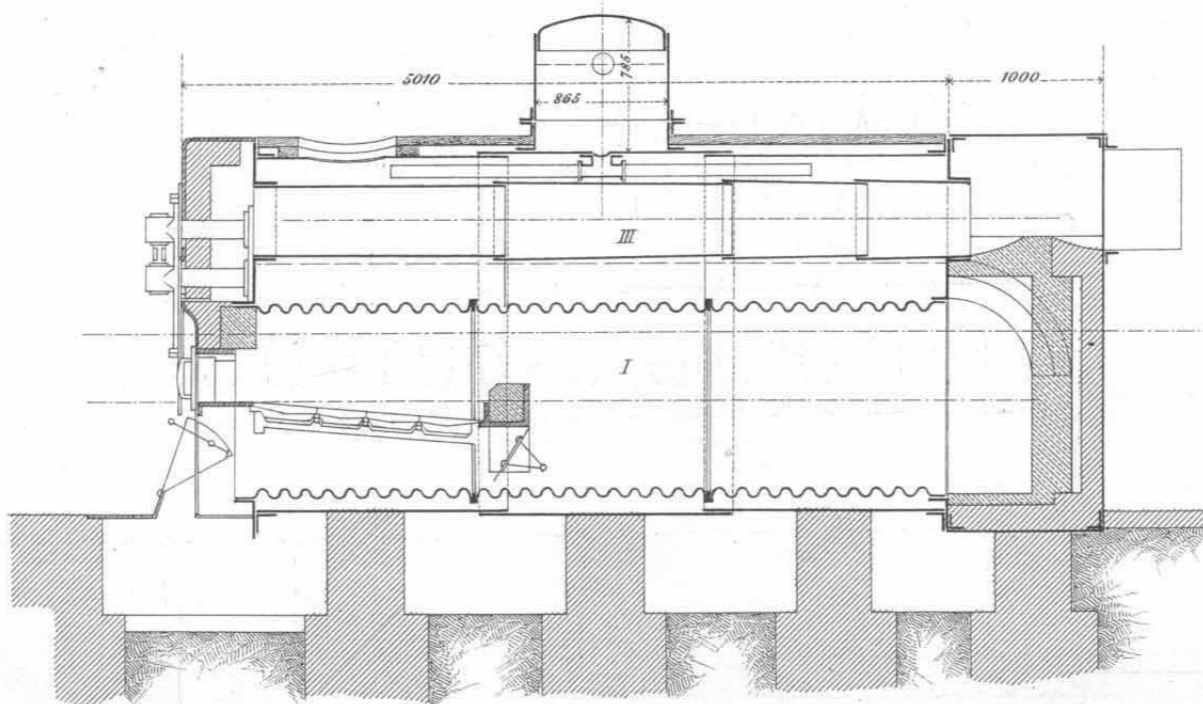
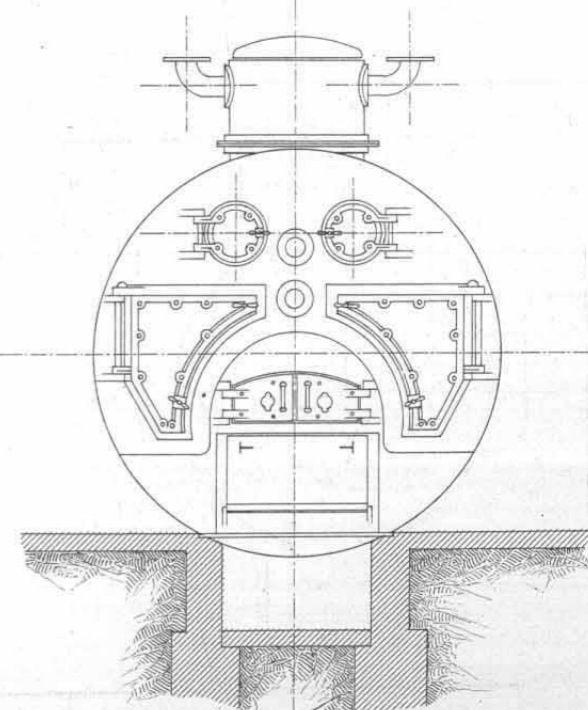


Fig. 10.



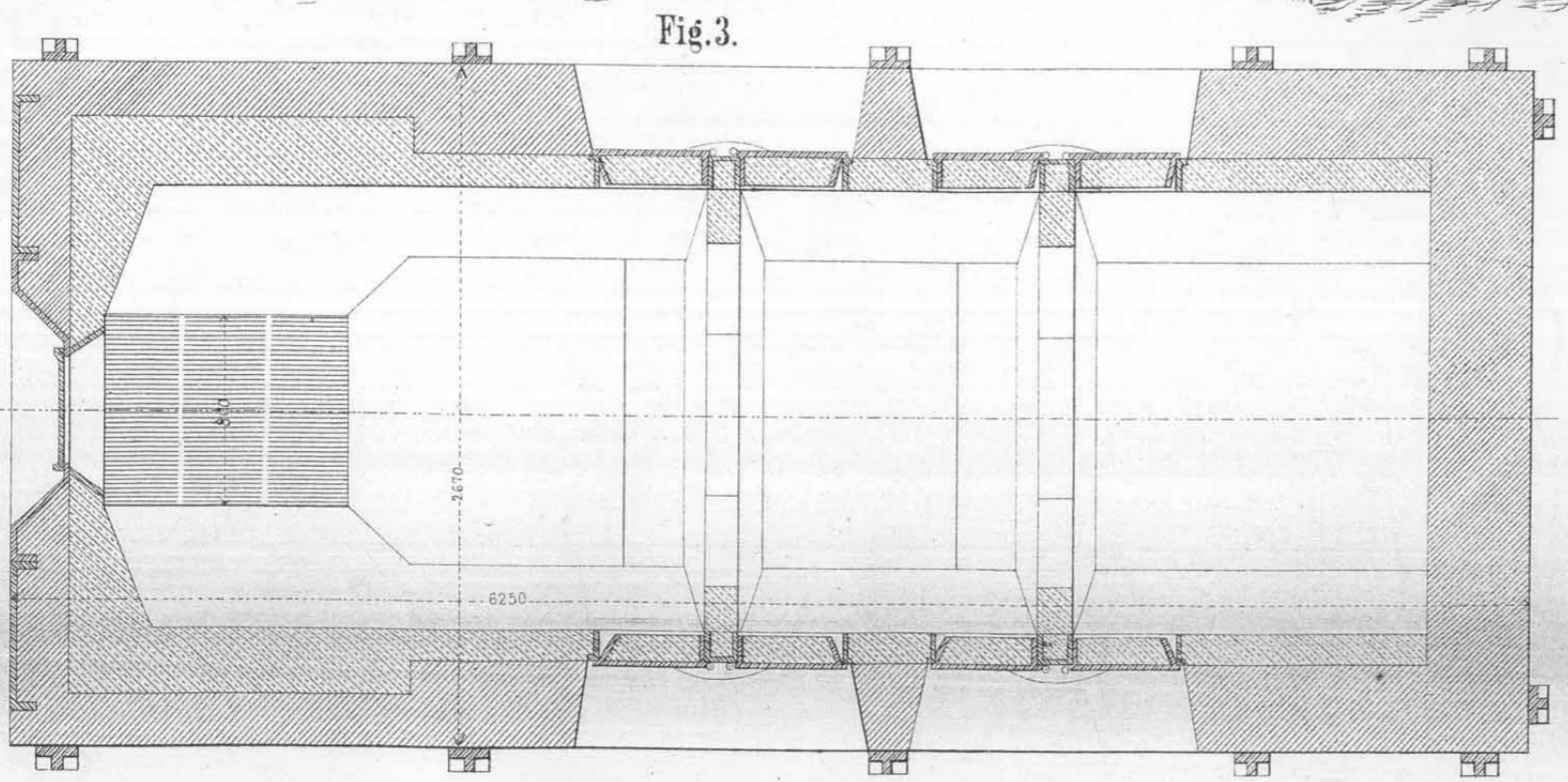
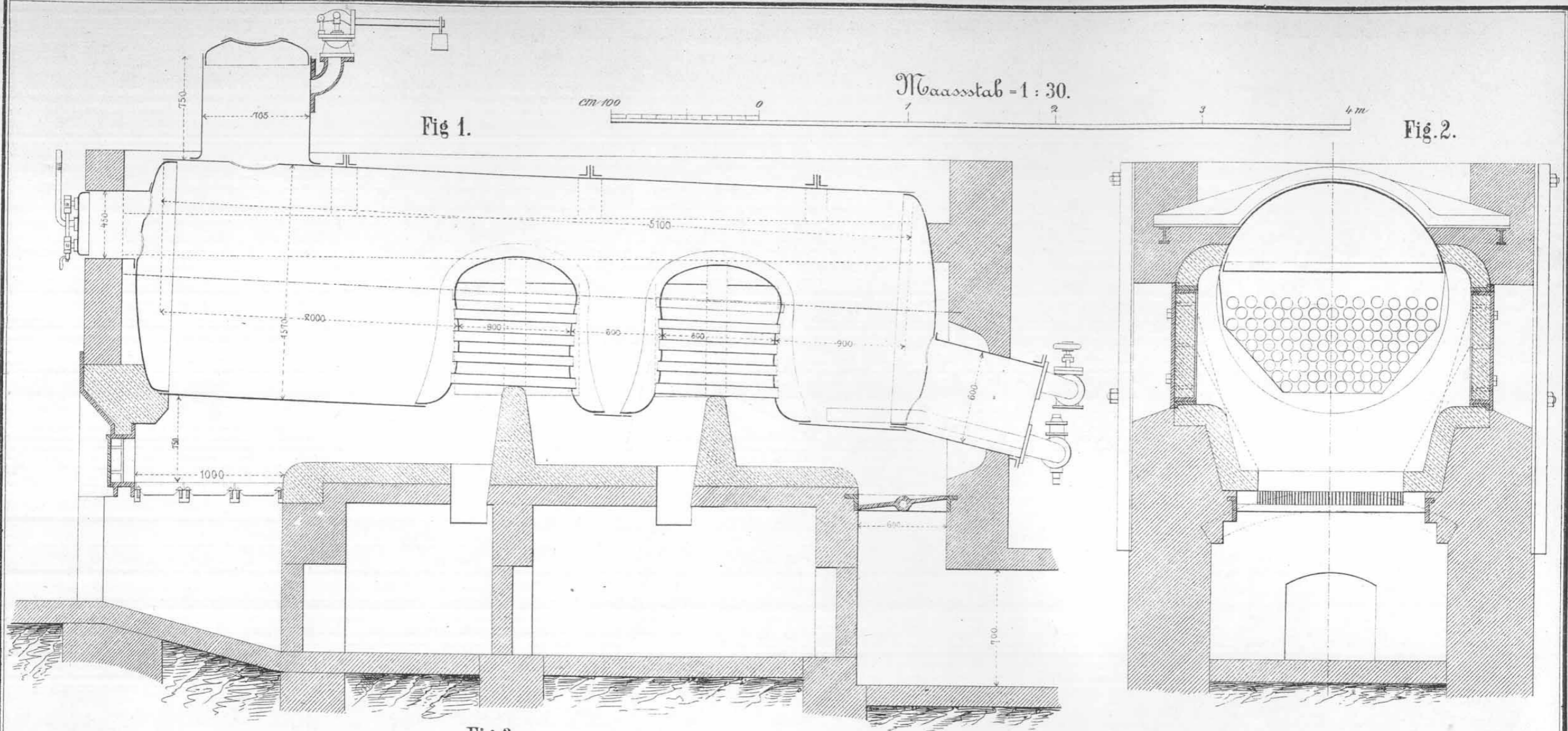


Fig. 4.

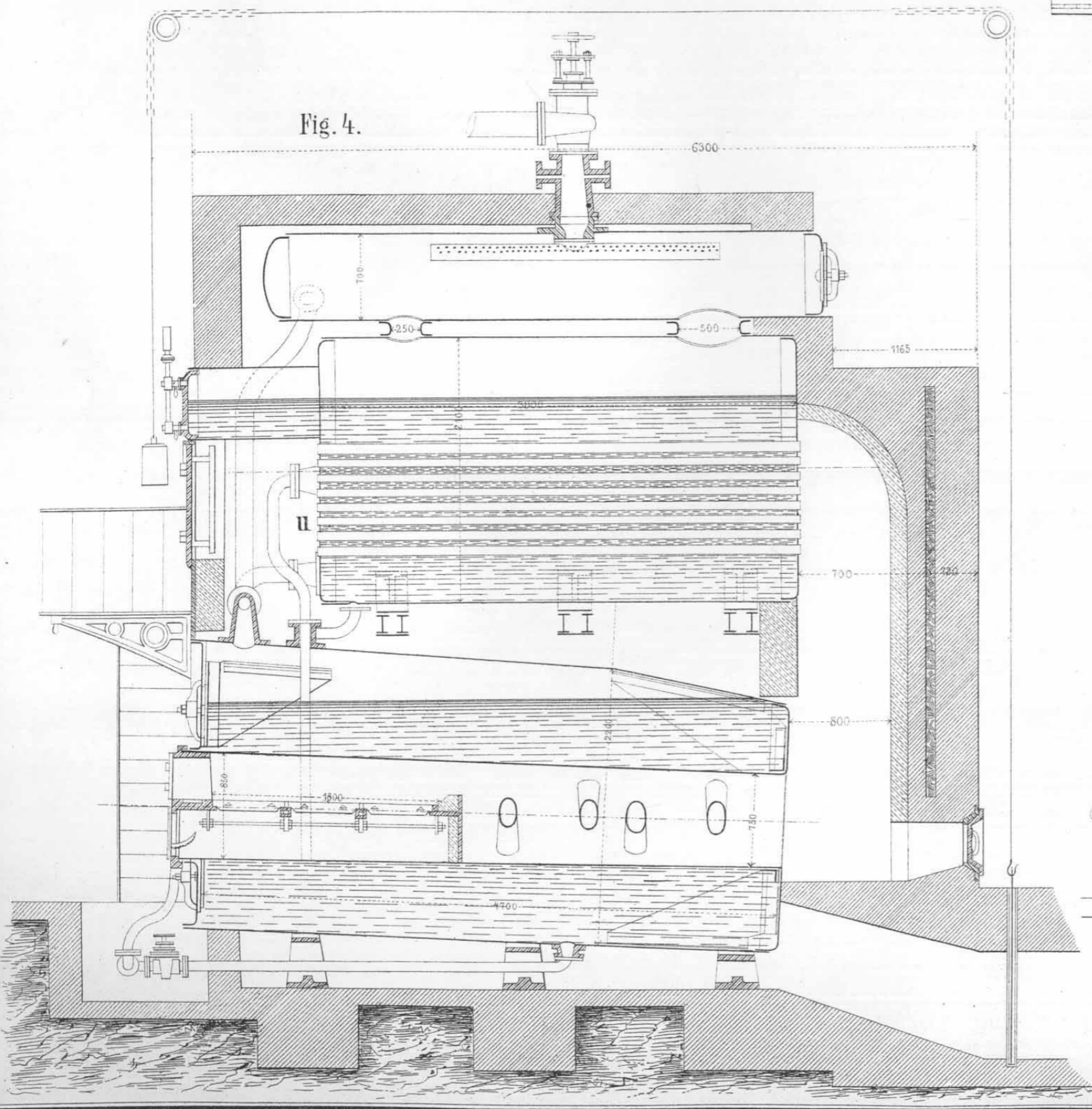
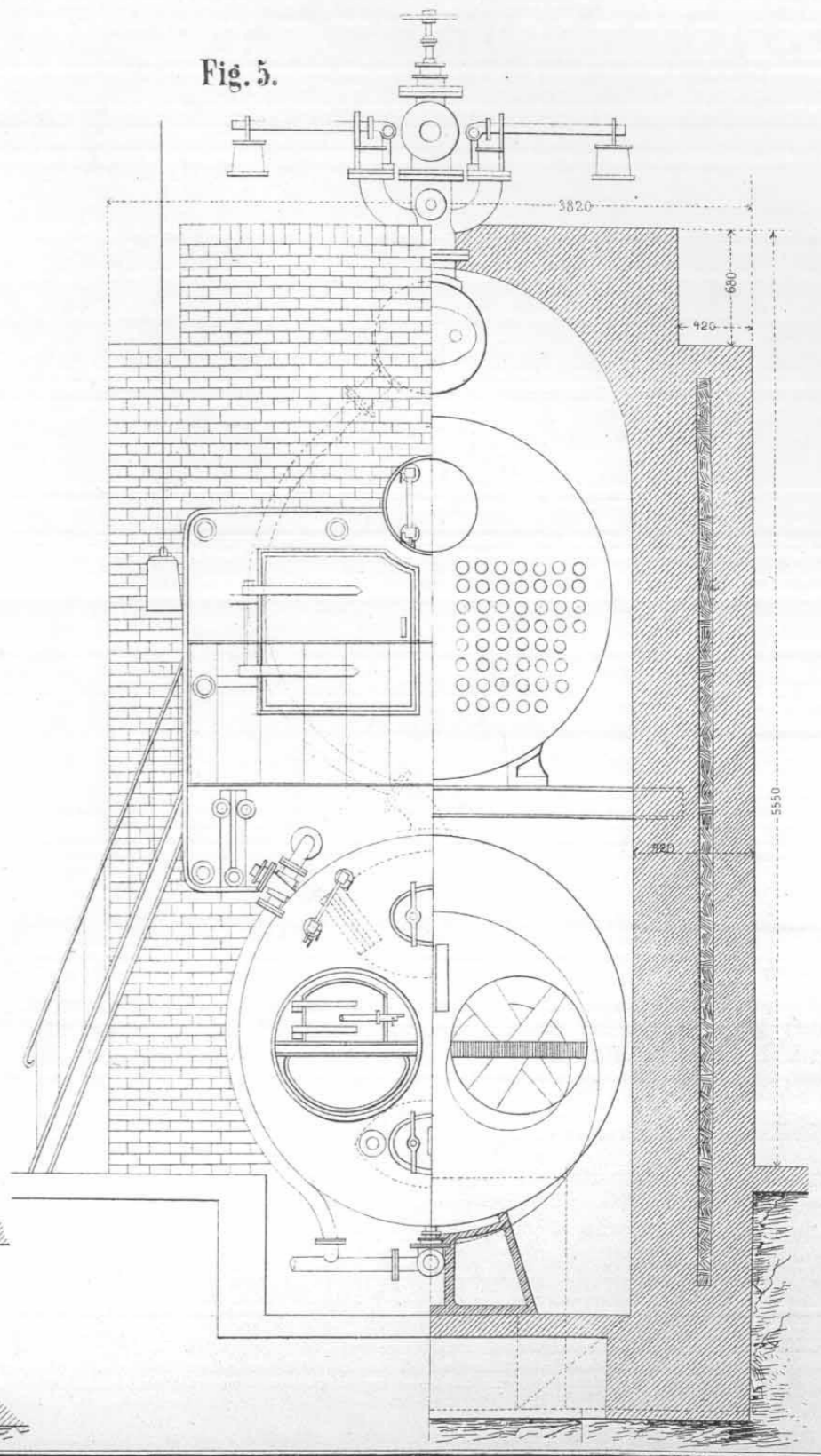


Fig. 5.



Hofth. L. Frenzel (C. Siemens Maschf.) in Dessau.



Maafsstab-1:30.



Fig. 1.

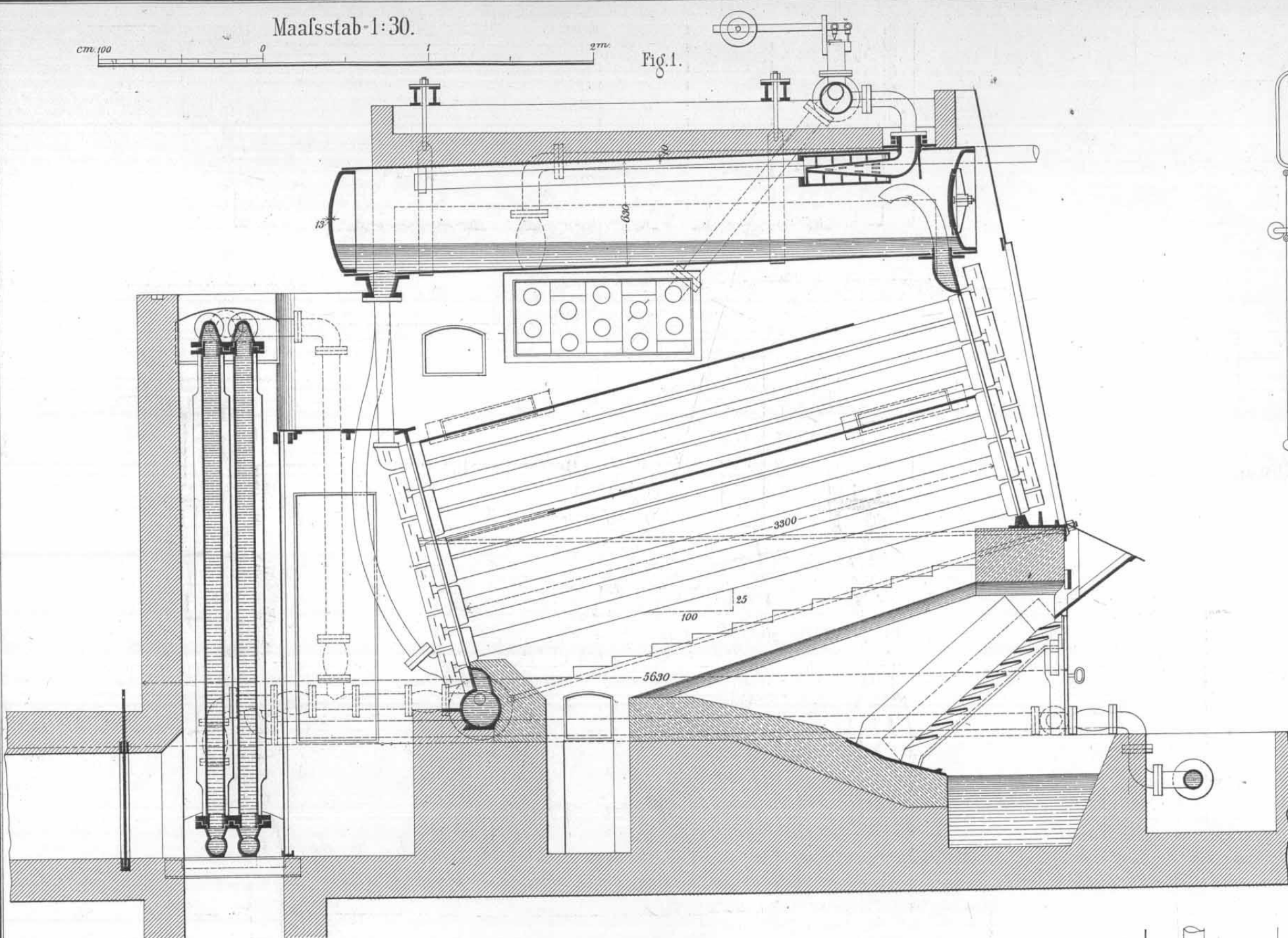


Fig. 2.

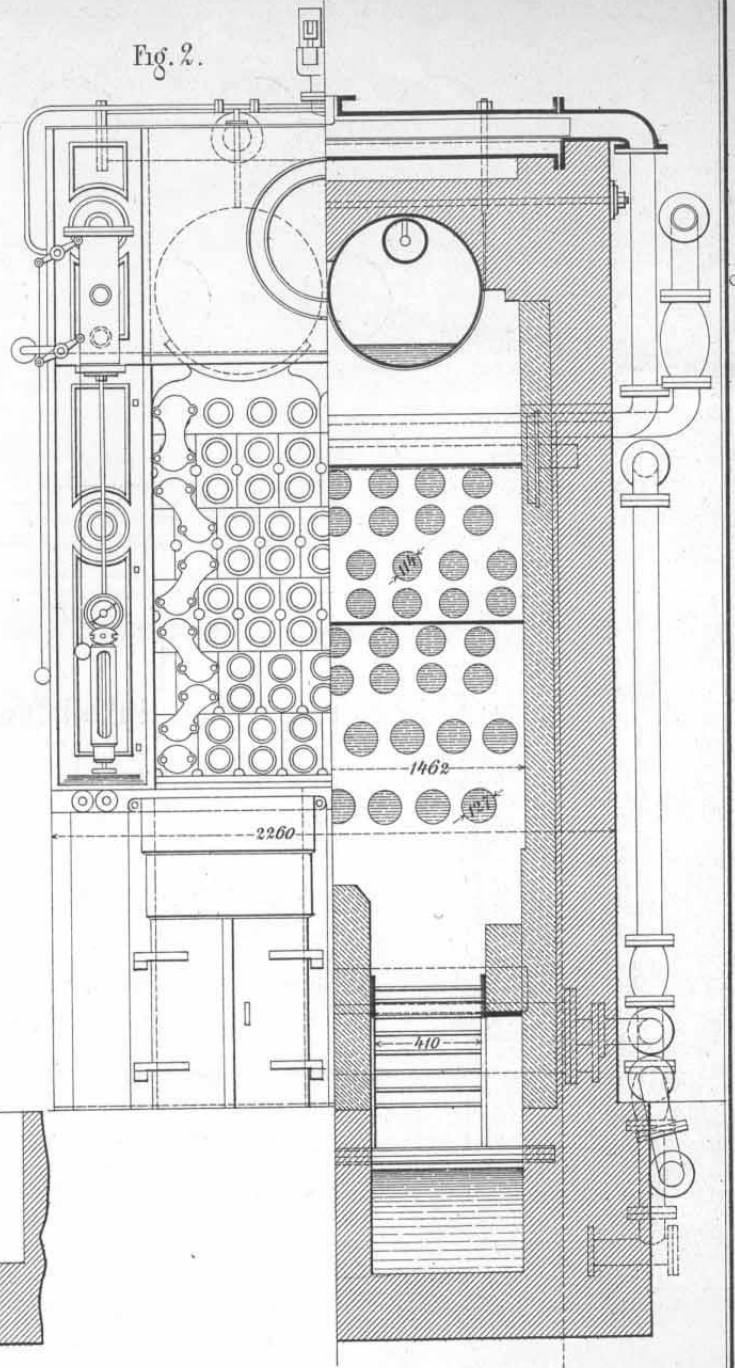
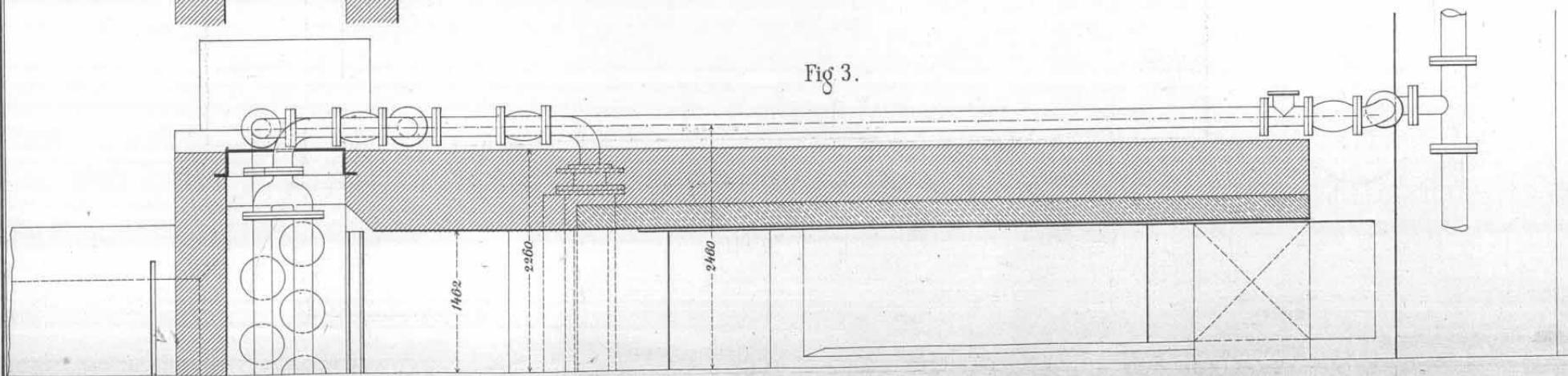


Fig 3.



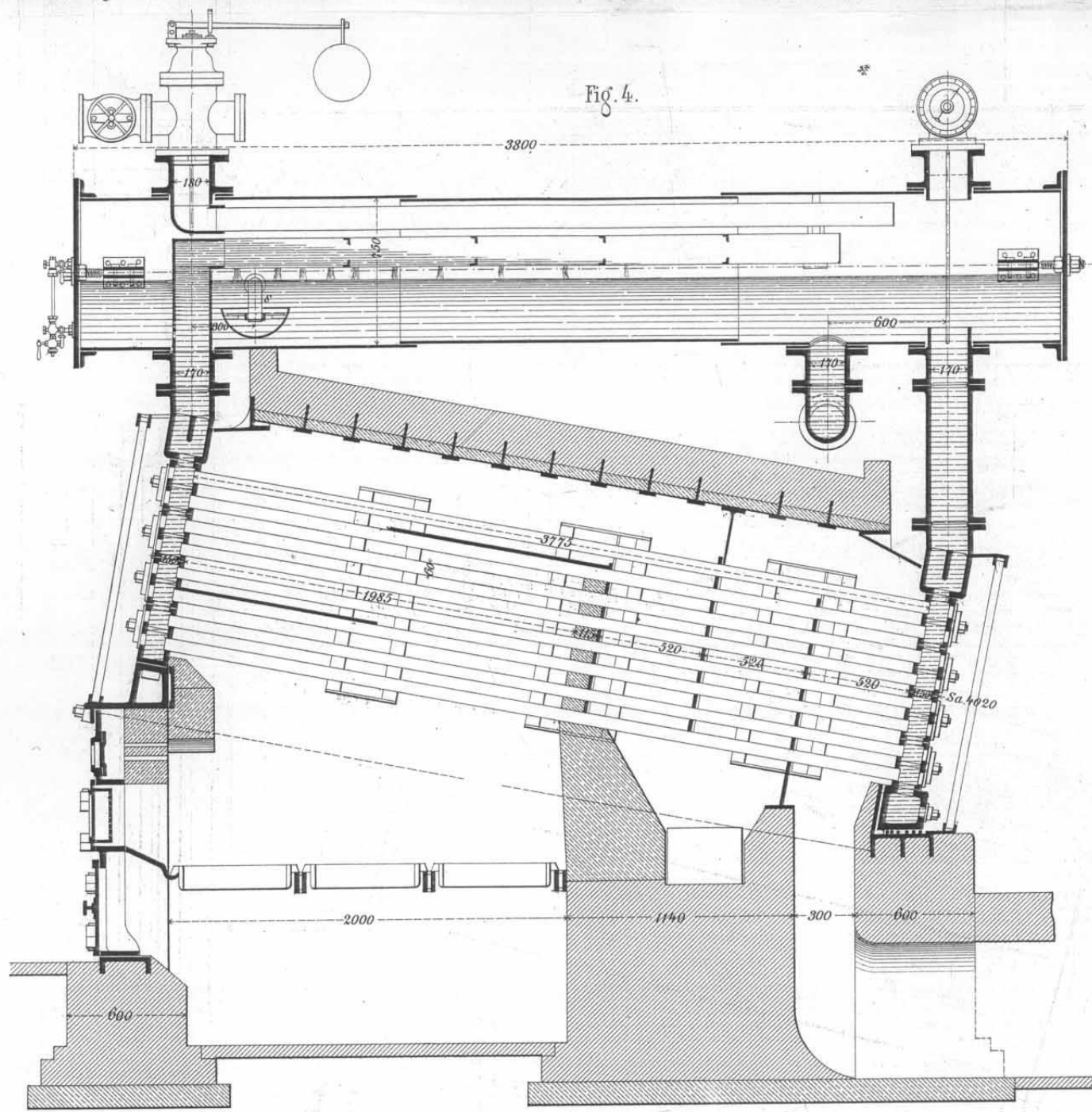


Fig. 4.

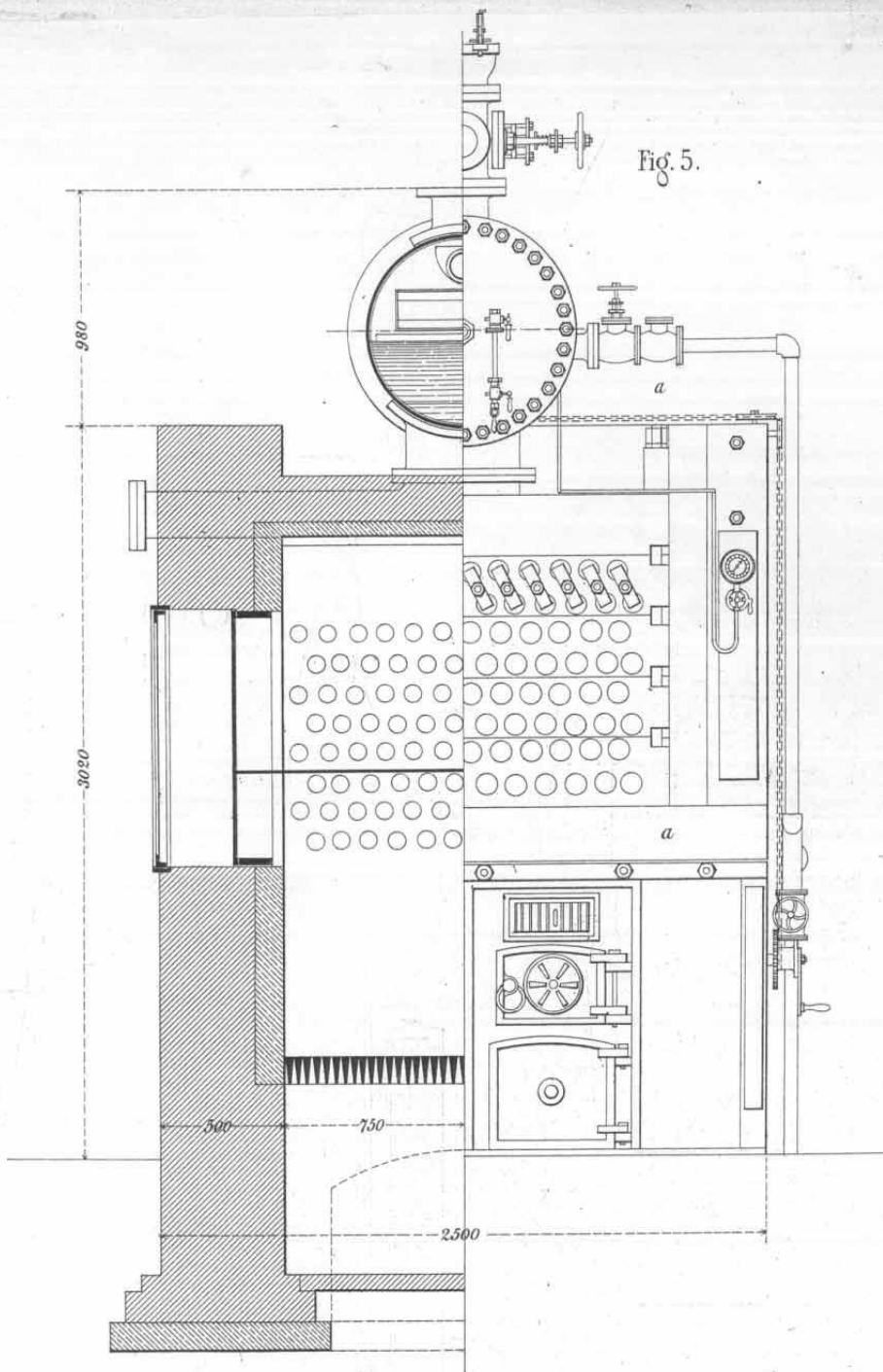


Fig. 5.

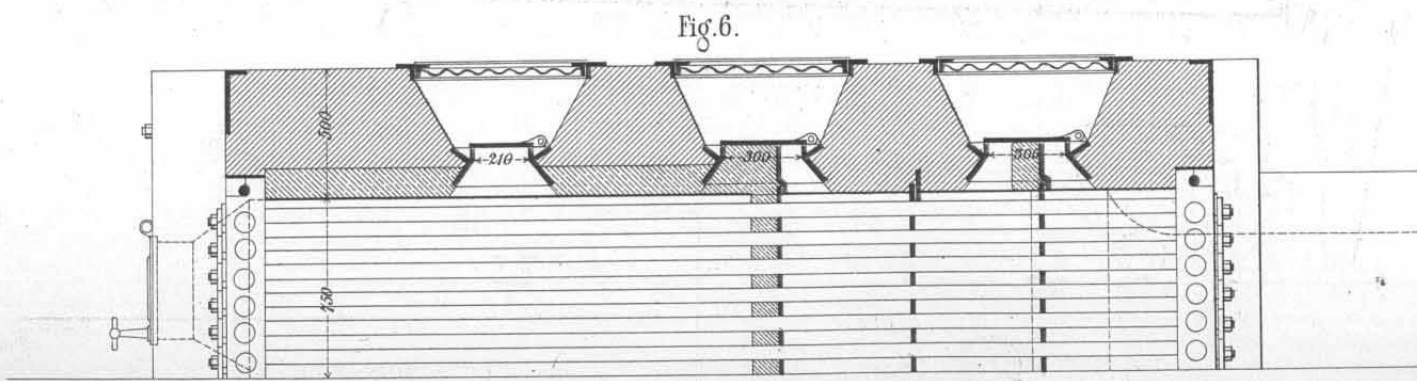


Fig. 6.

Fig. 7.

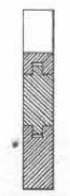
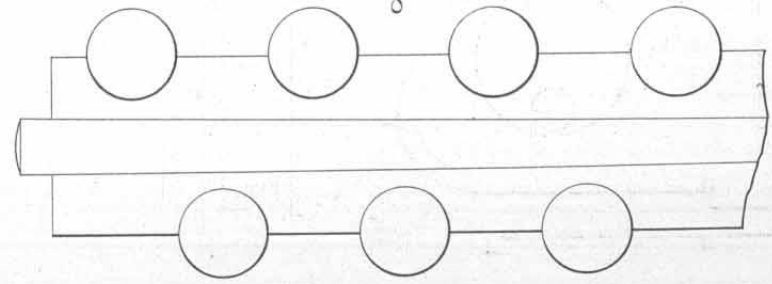


Fig. 8.



Maafsstab - 1: 20.



Fig. 1.

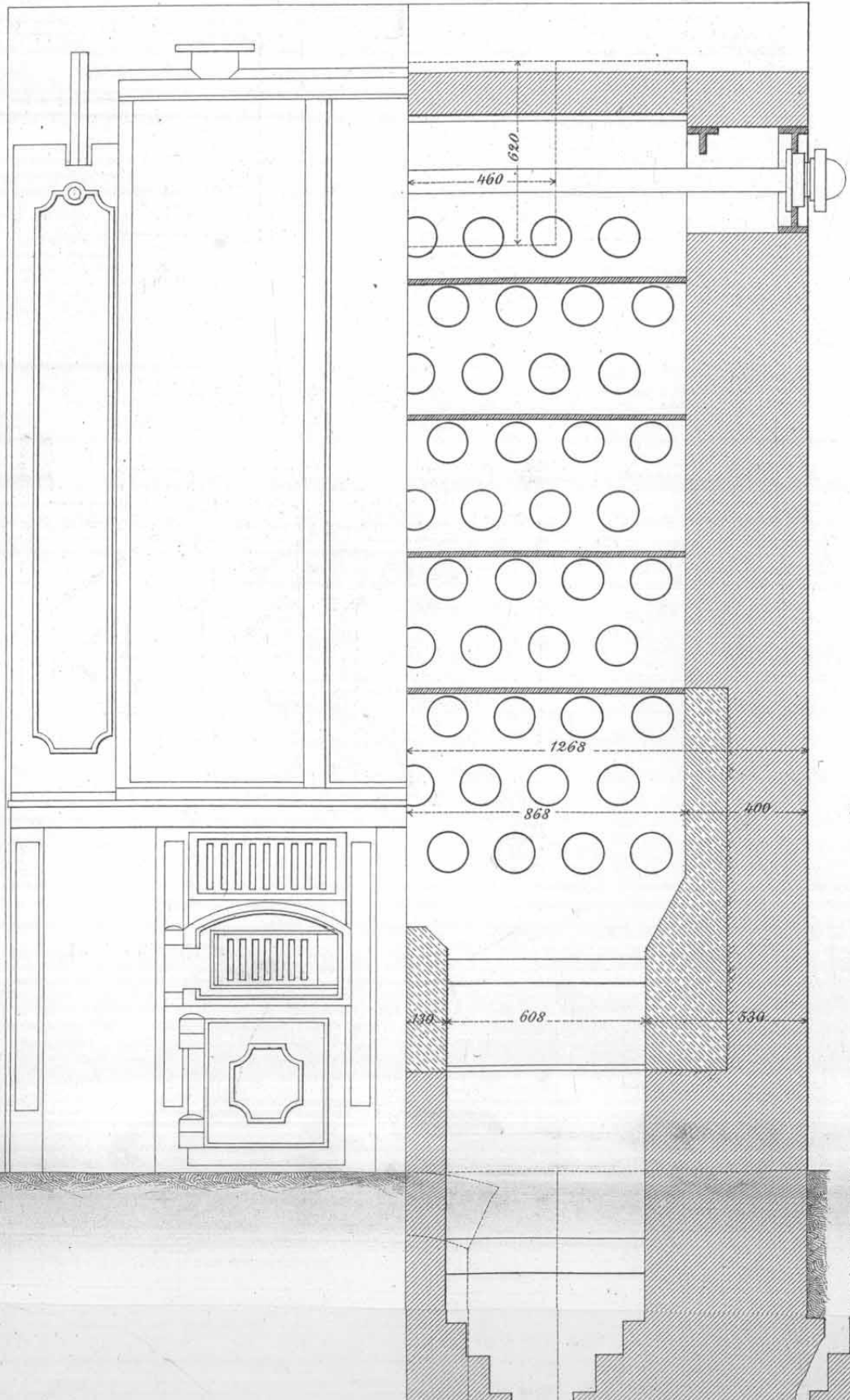
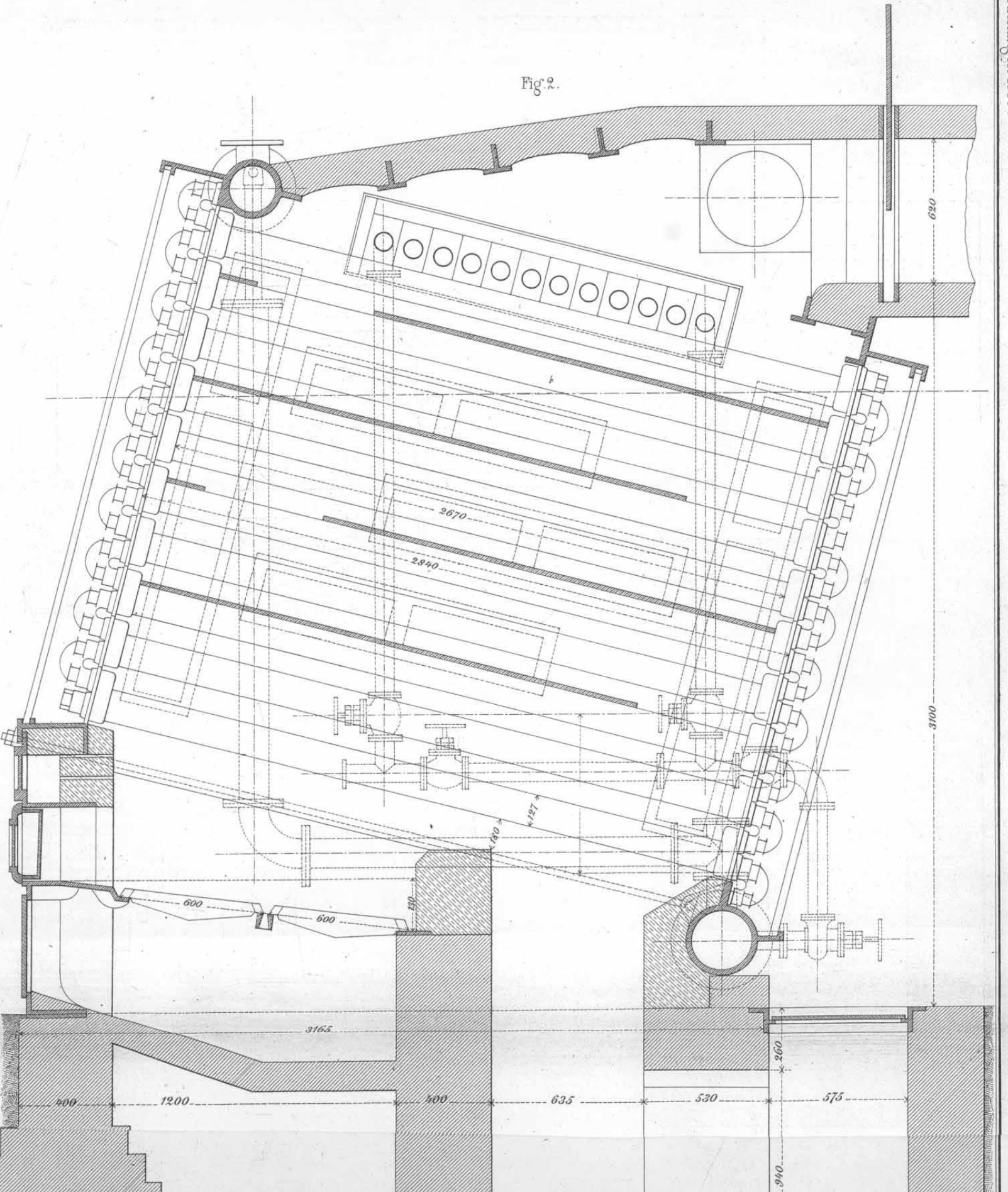


Fig. 2.



Maafsstab - 1:5.

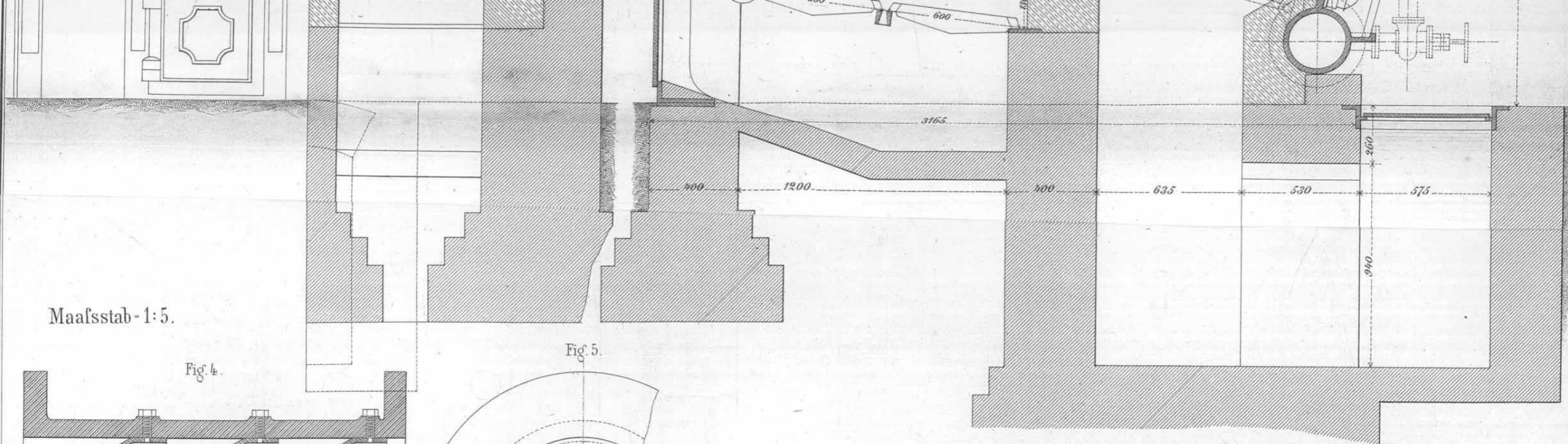


Fig. 5.

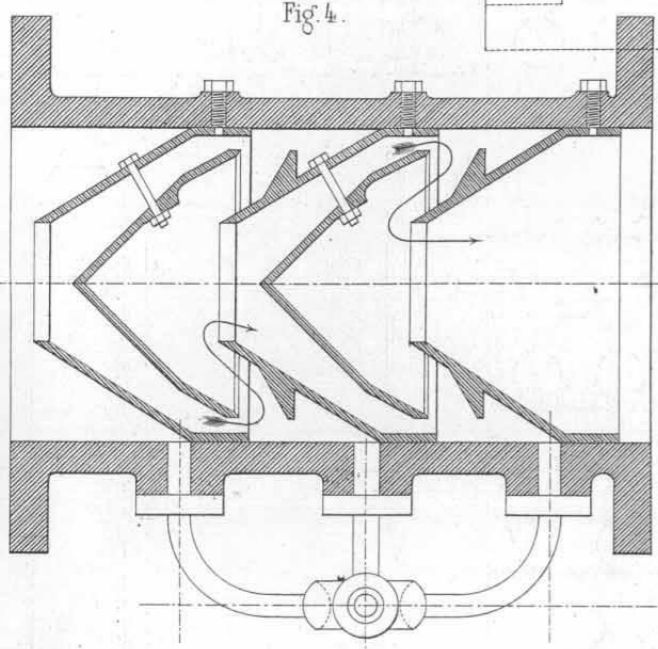


Fig. 4.

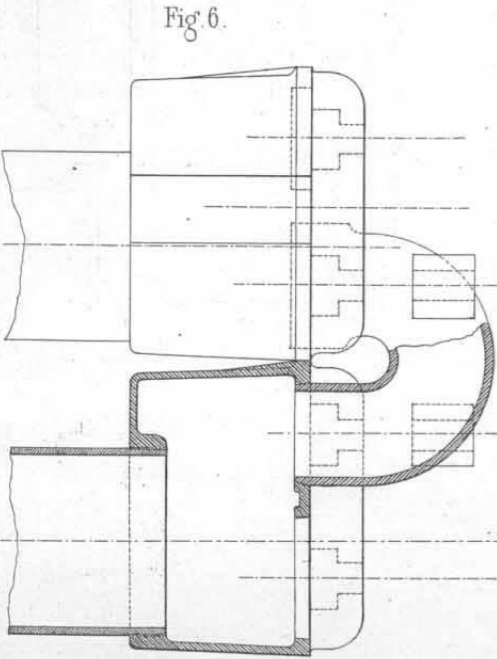
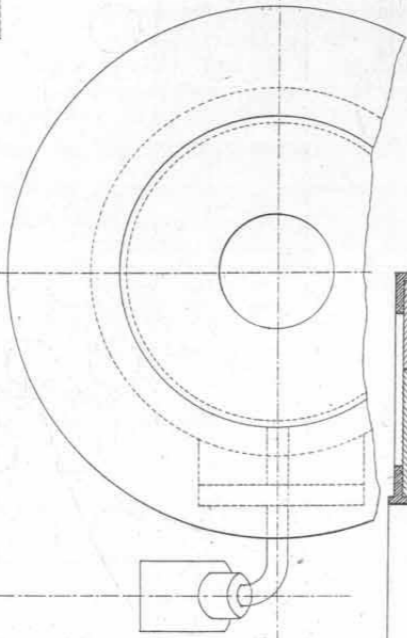


Fig. 6.

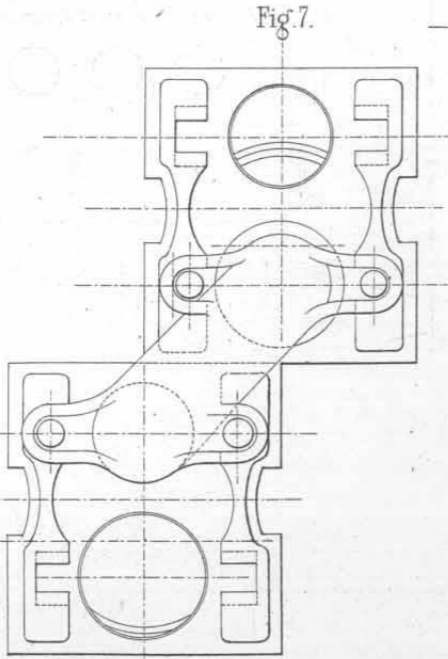


Fig. 7.

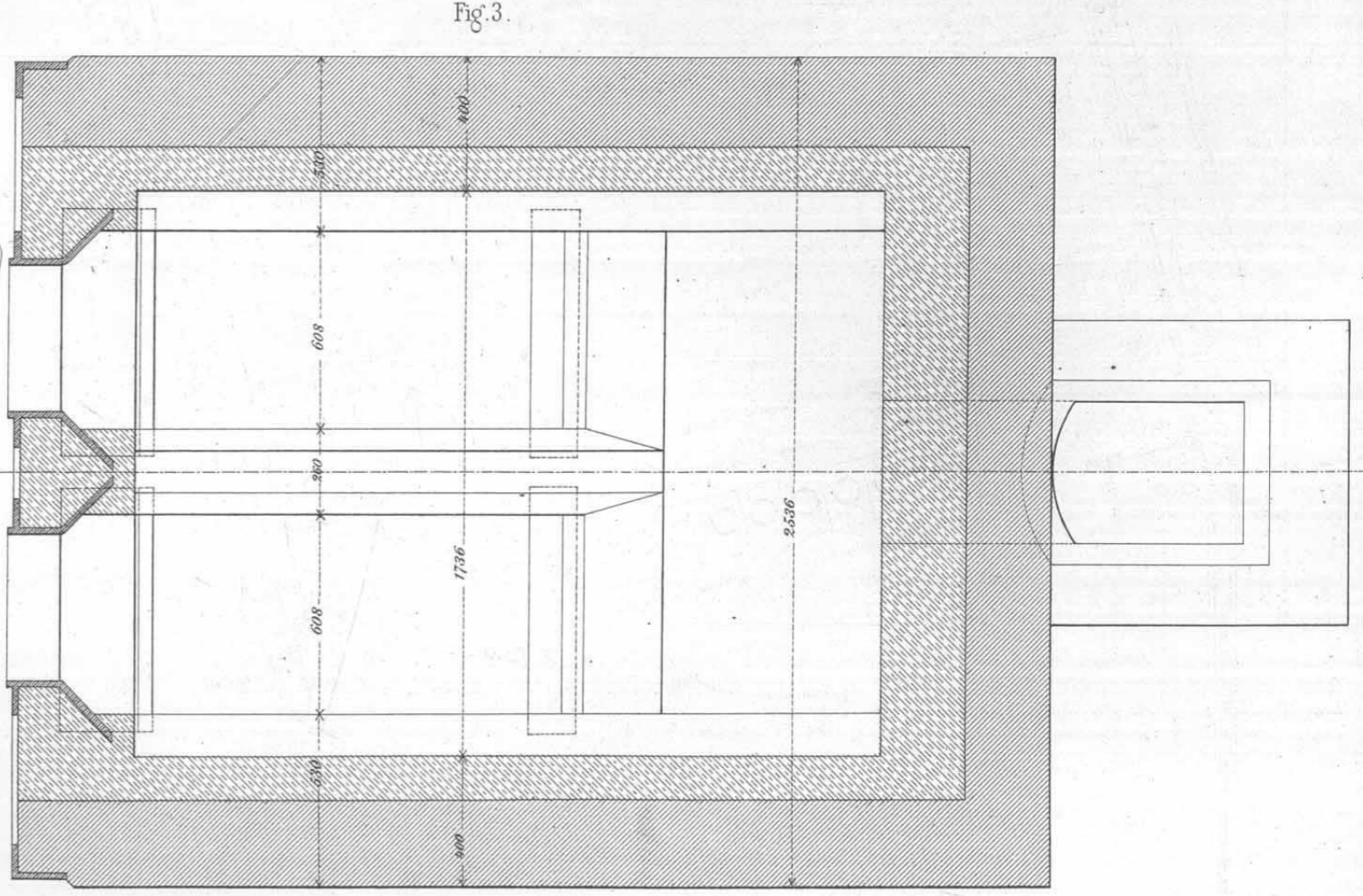


Fig. 3.