

1908. 2089.

BAGEL MEY  
553

Bibliothek  
der  
Handel-kammer  
10  
Charlottenburg

# Der elektrische Schiffszug.

Von Dr. Georg Meyer, Berlin.

1908. 2089.

BAG72 MEY  
553Bibliothek  
der  
Handelskammer  
zu  
Berlin

# Der elektrische Schiffszug.

Von Dr. Georg Meyer, Berlin.

## Einleitung.

Unter elektrischem Schiffszug pflegt man die Gesamtheit derjenigen elektrischen Einrichtungen zu verstehen, welche dazu dienen, auf Binnenwasserstraßen Lastschiffe zu schleppen. In der Regel ist der elektrische Schiffszug an Kanäle oder kanalähnliche Wasserstraßen gebunden, da der schleppende Elektromotor sich nicht weit von der meist am Ufer der Wasserstraße aufzustellenden Strom führenden Leitung entfernen kann. Eine Ausnahme hiervon machen nur die mit Akkumulatorenbatterien versehenen Schiffe, die innerhalb bestimmter Grenzen unabhängig von der primären Stromquelle sind.

Nahe verwandt mit dem elektrischen Schiffszug ist der elektrische Betrieb von selbstfahrenden Lastschiffen. Zurzeit aber spielen in der Binnenschifffahrt und besonders in der Kanalschifffahrt die Selbstfahrer eine ziemlich untergeordnete Rolle. So betrug im Jahre 1902<sup>1)</sup> die Tragfähigkeit sämtlicher in der deutschen Binnenschifffahrt beschäftigter Selbstfahrer und Schleppdampfer zusammen nur etwa 3% der Tragfähigkeit aller zur gleichen Zeit im Betrieb befindlichen Lastschiffe. Aus diesem Grunde soll in den nachstehenden Ausführungen auf die selbstfahrenden Lastschiffe nur insoweit Rücksicht genommen werden, als die Übersicht über die Entwicklung des Binnenschifffahrtbetriebes es erfordert. Die sicherlich bedeutungsvolle Frage aber, in welchen Fällen der bisher überragende Schleppbetrieb zweckmäßig durch den Selbstfahrbetrieb ersetzt wird, fällt nicht in das Gebiet der vorliegenden Untersuchungen.

Der elektrische Schiffszug ist eine besondere Form des mechanischen Schiffszuges, d. h. des Schleppens von Lastschiffen mit Maschinenkraft. Er bringt daher der Kanalschifffahrt alle diejenigen anerkannten Vorteile, die der mechanische Schiffszug überhaupt in betriebs-technischer und wirtschaftlicher Hinsicht zu bringen imstande ist; er macht aber darüber hinaus für sich die besonderen Vorteile geltend, die aus der Anwendung der Elektrizität folgen.

## I. Die älteren Treidelsysteme.

### 1. Treidelei mittels animalischer Motoren.

Der Maschinenbetrieb hat in der Kanalschifffahrt die älteren primitiven Fortbewegungsmethoden noch nicht zu verdrängen vermocht. An verkehrsarmen Wasserstraßen und bei der Beförderung von Lastschiffen über kurze Strecken ist heute noch vielfach die uralte Menschentreidelei mit Hilfe von Zugleinen, Staken u. dgl. im Gange. Bei dieser einfachsten Betriebsart beträgt die Fahrgeschwindigkeit der Lastschiffe 1,5 bis 2,0 km/St. und die tägliche Wegeleistung 10 bis höchstens 15 km. Die reinen Schleppkosten — also nicht die Frachtkosten — schwanken bei der Menschentreidelei natürlich stark mit den Lohnsätzen, in der Regel betragen sie über 0,3 Pf./tkm.<sup>1)</sup> Nur in Ausnahmefällen kann sich die Kanalschifffahrt des Segels bedienen, das auf breiteren Wasserstraßen vielfach zur Erhöhung der Transportleistung benutzt wird.

Bei dichterem Verkehr und größeren Entfernungen hat sich bis in unsere Zeit hinein die Pferdetreidelei mit Erfolg behaupten können. Ein treidelndes Pferd vermag durchschnittlich eine effektive Leistung von etwa

<sup>1)</sup> Sympher, Zeitschrift für Binnenschifffahrt, Berlin 1907, Heft 22, S. 496 u. ff.

<sup>1)</sup> Galliot, Revue de Mécanique, Paris, Juli 1890,

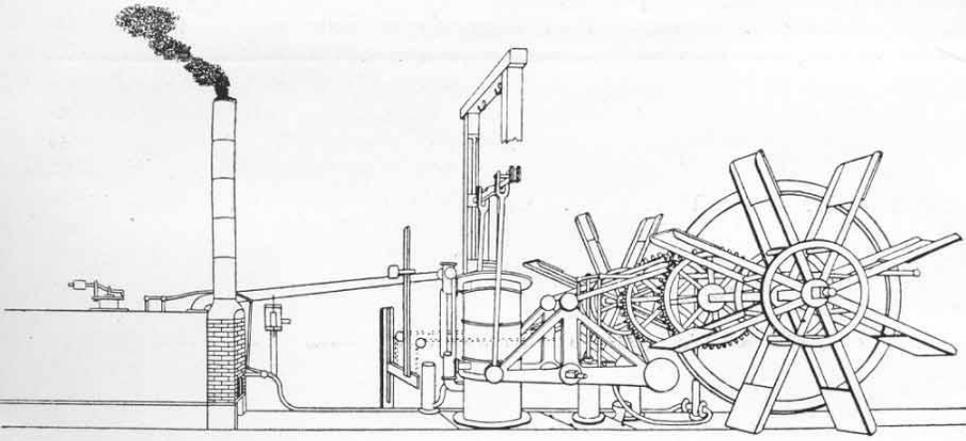


Fig. 1. Maschinenanlage von Fultons Dampfer »Claremont«, 1807.

0,75 PSe auszuüben<sup>1)</sup>, seine Geschwindigkeit beträgt bis zu etwa 2,5 km/St., die tägliche Wegeleistung etwa 15 bis 25 km. Ein Kanal mit wohlorganisierter Pferdetreidelei vermag außerordentliche Verkehrsmengen zu bewältigen. So konnte beispielsweise<sup>2)</sup> auf dem Kanal von Saint Quentin (Frankreich) die jährliche Verkehrsleistung nicht über 2 000 000 t gesteigert werden, so lange jeder Schiffer sein eigenes Schleppmittel benutzte. Der Verkehr stieg aber bis auf etwa 6 000 000 t<sup>3)</sup>, nachdem die französische Regierung die Pferdetreidelei einem Unternehmer nach vorgeschriebenen Regeln und zu festen Tarifen, wenn auch ohne Benutzungszwang übertragen hatte. Bei derartiger geregelter Pferdetreidelei beträgt die reine Schleppgebühr etwa 0,3 bis 0,35 Pf./tkm.

## 2. Der mechanische Schiffszug.

Der mit wachsendem Verkehr und unter dem Wettbewerb der Eisenbahnen immer dringender werdenden Anforderung auf Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit und Vergrößerung der täglichen Wegeleistung konnte nur die Anwendung maschineller Mittel, also der mechanische Schiffszug entsprechen. Die Bestrebungen, diesen maschinellen Betrieb in die Binnenschifffahrt einzuführen, sind fast ebenso alt, wie die analogen Bestrebungen des Bergbaues. Beide haben zur Ausbildung der Dampfmaschine einen wichtigen Anstoß gegeben. Zwar hat sich die bekannte Erzählung, daß der Franzose Denis Papin um das Jahr 1700 bei seinem Versuch, die Weser mit einem Dampfschiff zu befahren, von den die Konkurrenz dieser neuen Erfindung fürchtenden Schiffen erschlagen und das Schiff zerstört worden sei, als eine Sage erwiesen.<sup>4)</sup> Sicher aber ist, daß Papin sich bereits mit dem Plan eines Schaufelraddampfers getragen hat. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts wurden in England, Frankreich und Amerika verschiedene Dampfer versuchsweise in Betrieb gesetzt und es ist bekannt, daß Fulton mit seinem Dampfer »Claremont« (Fig. 1) von 1807 ab regelmäßig den Mississippi befuhr. Seit jener Zeit wird in allen Ländern unermüdlich an der Entwicklung der Schiffsdampfmaschine gearbeitet, die gerade in der jüngsten Zeit auch in der Binnenschifffahrt in steigendem Maße Anwendung findet. Im Jahre 1877 waren in der deutschen Binnenschifffahrt<sup>5)</sup> erst 301, im Jahre 1902 dagegen

<sup>1)</sup> de Mas, Recherches expérimentales sur le matériel de la batellerie, Paris, Imp. nat.

<sup>2)</sup> La Rivière und Bourguin, Bericht zum VIII. intern. Schiffahrtkongress, Paris 1900.

<sup>3)</sup> Teubert, Verbandsschriften des D. Ö. U. V. für Binnenschifffahrt, Berlin, Heft 36, 1906, S. 22.

<sup>4)</sup> Matschoss, Die Entwicklung der Dampfmaschine, 1906, S. 628 u. ff.

<sup>5)</sup> Sympher, Zeitschrift für Binnenschifffahrt, Berlin 1907, Heft 22, S. 496 u. ff.

schon 1412 Güter- oder Schleppdampfer im Betrieb. In 25 Jahren ist die Zahl der Dampfer also auf nahezu das Fünffache gewachsen.

Von diesen Dampfern dient der weitaus größte Teil nur als Schleppmittel und nicht zum Tragen von Gütern. Diese Entwicklung ist leicht erklärlich. Unzähligen Lastschiffen verschiedenster Bauart soll die Maschine schnellere Beförderung bringen. Das kann nicht einfacher bewirkt werden, als durch Einbau der Maschine in ein besonderes Schleppboot, von dem man die Lastschiffe ziehen läßt. Dabei behält jedes Lastschiff seine bisherige Form, jeder Schiffer seine bisherigen Rechte und Gewohnheiten, das Schleppmittel die vielseitigste Anwendbarkeit und Ausnutzung.

Andererseits finden die selbstfahrenden Lastschiffe, die sich ohne Rücksicht auf irgend ein Schleppmittel jederzeit selbständig bewegen können, in der Kanalschifffahrt in ähnlicher Weise Verwendung, wie etwa die Motorwagen im Eisenbahnbetrieb. Doch stellen sich jenen mehr Hindernisse entgegen als diesen. Vor allem besteht die technische Schwierigkeit, die Maschinenanlage und den Brennstoff auf dem selbstfahrenden Lastschiff derart unterzubringen, daß seine durch die Kanal- und Schleusenabmessungen vorgeschriebenen Außenmaße nicht überschritten und gleichzeitig seine Ladefähigkeit möglichst wenig geschmälert wird. Auch ist es nicht ganz leicht, das Treibmittel (Schraube oder Rad) gegen die Änderung der Eintauchtiefe des Schiffes unempfindlich zu machen. Die Wirtschaftlichkeit der Selbstfahrer wird beeinträchtigt durch die beschränkte Ausnutzung des Schiffesgefäßes, durch die nicht ganz leichte Wartung und Instandhaltung der Maschinenanlage und vor allem durch die erzwungene Untätigkeit der Maschine und des Maschinisten bei jedem Schleusenaufenthalt und in den Liegezeiten. Diese Nachteile treten um so mehr in Erscheinung, je kürzer die Kanalhaltungen und je geringer daher die effektive Reisegeschwindigkeit der Schiffe ist. Die Bedeutung und die Schwierigkeit der Anwendung der Selbstfahrer auf Kanälen erhellt aus dem Umstande<sup>1)</sup>, daß der Staat New York 1871 Preise von M. 400 000 auf

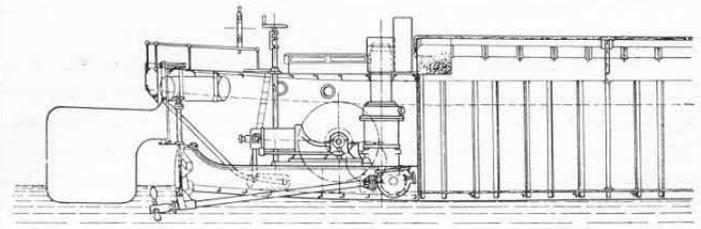


Fig. 2. Selbstfahrer »Haldy I« mit Sauggasmotor.

zweckmäßig ausgebildete Frachtdampfer für seine Kanäle aussetzte und noch im Jahre 1893 die Wettbewerbsbedingungen von keinem Dampfer ganz erfüllt waren.

Durch Anwendung der leichteren und weniger Brennstoffverbrauchenden Verbrennungsmotoren an Stelle der Dampfmaschinen sucht man seit etwa 1890 die Wirtschaftlichkeit der Selbstfahrer zu steigern. Fig. 2 zeigt den von der Gasmotorenfabrik Deutz mit einem Saug-

<sup>1)</sup> Galliot, Revue de Mécanique Paris, Juli 1899.

gasmotor ausgerüsteten Selbstfahrer »Haldy I«<sup>1)</sup>, der dem Verkehr von Saarbrücken auf dem Rhein nach Holland und zurück über die belgischen und französischen Kanäle dient. Der Motor läuft ständig in derselben Richtung mit gleichbleibender Geschwindigkeit um, die Schiffsgeschwindigkeit wird durch Drehen der Flügel der Schiffschraube geändert. Die Höhenlage der Schraube kann bei Änderung des Tiefganges leicht mittels Handrades verstellt werden. Derartige Konstruktionen sind sicher maschinentechnisch sehr beachtenswert, ob sie aber dauernd mit wirtschaftlichen Erfolg dem engbegrenzten Fahrwasser und ungeschulter Schiffsmannschaft anvertraut werden können, ist durch die Praxis wohl noch kaum erwiesen.

Um die Schiffsgeschwindigkeit in bequemer Weise unabhängig von der vorteilhaft gleichbleibenden Maschinengeschwindigkeit regeln zu können, schlug Jean Jaques Heilmann, Paris, 1893 die Einschaltung einer elektrischen Kraftübertragung zwischen Maschine und

Schiffsmaschine angetriebene Schaufelrad, die Schraube oder allenfalls das von ihr angesaugte und zurückgestossene Wasser den erforderlichen Widerstand finden können. Das Binnenschiff kann sich auch anderer Stützmittel bedienen. In der Kanalschiffahrt ist die Stützung auf das tragende Wasser manchmal sogar nachteilig, weil das von dem Schleppmittel zurückgeworfene Wasser schädlich auf Kanalböschungen und Sohle einwirkt. Da zudem das Zurückwerfen des Wassers einen erheblichen Arbeitsverlust bedeutet, so haben schon Mitte des vorigen Jahrhunderts Versuche begonnen, die Kanalsohle als Stützmittel zu verwenden, indem auf ihr Seile oder Ketten verlegt werden, an denen sich das Schleppboot mit Hilfe seiner Maschinenanlage entlang windet. Die Versuche haben wechselnde Ergebnisse gezeitigt. Eine 1860 im Grand Canal (Irland<sup>1)</sup>) verlegte Kette hat sich nicht bewährt. Auf dem Eriekanal (Nordamerika) wurde die 1879 auf einer 125 km langen Strecke eingerichtete Seilschiffahrt nach 10 jährigem

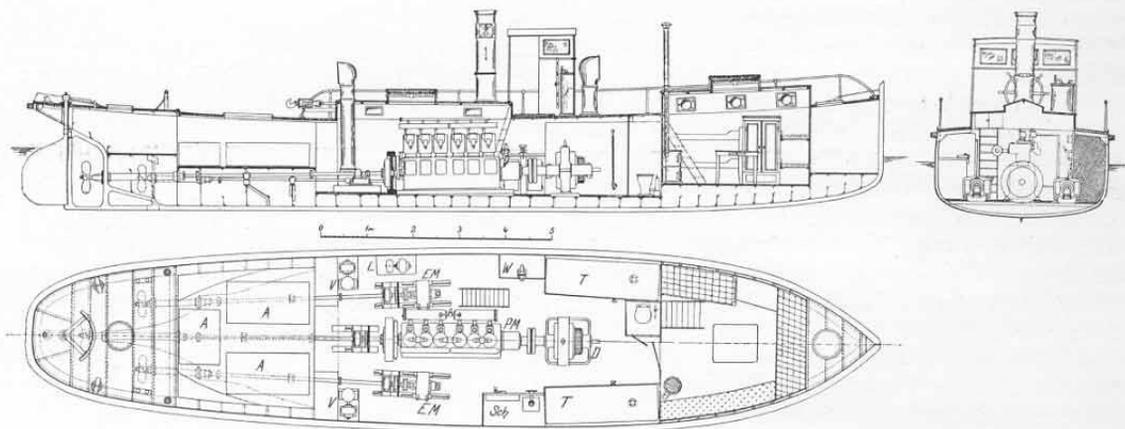


Fig. 3. Schleppboot mit elektrischer Kraftübertragung.

<i>PM</i> = Petroleummotor.	<i>A</i> = Akkumulatoren.	<i>V</i> = Ventilator.
<i>D</i> = Gleichstromdynamo.	<i>Sch</i> = Schalttafel.	<i>T</i> = Petroleumtank.
<i>EM</i> = Elektromotor.	<i>L</i> = Lenzpumpe.	<i>W</i> = Werkbank.

Schiffschraube vor. Die mit gleichbleibender Drehzahl von der Maschine angetriebene Dynamo liefert ihren Strom an den die Schiffschraube antreibenden Motor. Der Strom wird in solcher Weise geregelt, daß die Geschwindigkeit der Schiffschraube beliebig nach vorwärts und rückwärts geändert werden kann. Die primäre Treibmaschine ist ganz unabhängig von dem sekundären Schiffswellenantrieb, für beide können die günstigsten Konstruktions- und Betriebsverhältnisse gewählt werden. Ein derartiges Boot war auf dem internationalen Schiffahrtkongreß in Brüssel 1898 ausgestellt. Es ist interessant zu beobachten, wie der seinerzeit viel beachtete, dann aber in Vergessenheit geratene Gedanke Heilmanns in der jüngsten Zeit von der Maschinenindustrie und der Elektrotechnik wieder mit Lebhaftigkeit aufgenommen wird.<sup>2)</sup> An die Stelle der schweren, langsam laufenden Schiffsdampfmaschine soll die leichte schnelllaufende Dampfturbine, der sparsame Dieselmotor treten. Fig. 3 läßt das typische eines derartigen Schiffsantriebes erkennen, der vielleicht auch noch für die Kanalschiffahrt Bedeutung gewinnen wird.

In der Seeschiffahrt kann eine Zugwirkung auf das Schiff, wenn von der Benutzung der Luft abgesehen wird, naturgemäß nur durch die Stützung auf das tragende Wasser zustande kommen, an dem allein das von der

Betrieb wieder eingestellt. Dagegen wird auf mehreren Scheitelhaltungen und Tunneln von französischen Kanälen<sup>3)</sup>, auf denen die Menschen- oder Pferdetreidelei dem herrschenden Verkehrsandrang nicht genügt, heute noch die Kettenschiffahrt erfolgreich betrieben. Die Mißerfolge sind darauf zurückzuführen, daß die unter Wasser liegenden Ketten und Seile schwer in Stand zu halten sind und die Kanalsohle leicht beschädigen. Auch das Auf- und Abnehmen der Kette und des Seiles durch das Schleppboot bereitet erhebliche Schwierigkeiten. Ferner ist die Führung des Schiffes in den Kanalkrümmungen oft schwierig. Endlich können gewöhnlich Kette und Seil nicht durch die Schleusen durchgeführt werden, so daß an jeder Schleuse ein längerer Aufenthalt durch den Wechsel des Zugorgans entsteht. Diese den Ketten und Seilen eigentümlichen Nachteile versuchte Dupuy de Lôme<sup>3)</sup> 1883 auf der Rhône zu beseitigen. Er versah ein Schleppboot mit zwei seitlichen Kettenrädern, über welche schwere endlose Ketten geschlungen waren. Die Ketten waren so lang, daß ein großer Teil derselben auf dem Grunde des Flußbettes aufruhete. Wurden nun durch Maschinenkraft die Räder gedreht, so leistete der am Boden ruhende Teil der wandernden Kette genügend Widerstand, um eine Zugwirkung auf das Schleppboot

<sup>1)</sup> L. S. Robinson, Mechanical propulsion on canals, Proc. Inst. Mech. Eng., London 1897.

<sup>2)</sup> La Rivière, Bericht zum X. intern. Schiffahrtkongreß, Mailand 1905.

<sup>3)</sup> Galliot, Revue de Mécanique, Paris, Juli 1899.

<sup>1)</sup> Schott, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1905, Berlin, S. 1733 u. ff.

<sup>2)</sup> Schulthes, Berichte der Schiffbautechnischen Gesellschaft, Berlin, November 1907.

ausüben zu können. Über das Versuchsstadium ist diese Anordnung nie hinausgekommen. Die Kanalsohlen würden der Bewegung der Wanderketten auch wohl schwerlich Stand halten können.

In ähnlicher Weise versuchte man mit wandernden Seilen die Nachteile der festliegenden Ketten und Seile zu umgehen. Ein endloses Seil wird längs des Kanales an Rollen beweglich ausgespannt und durch Maschinenkraft in gleichbleibender Bewegung gehalten. Die Schiffe machen sich mit ihrem Zugseil an diesem Wanderseil nach Bedarf fest und von ihm los. Die 1869 in Frankreich patentierten Wanderseile von Troll und Mercier, Lyon<sup>1)</sup>, die Wanderseilversuche von Rigoni 1882 an der belgischen Maas und von M. Levy 1889 auf dem Kanal von Saint Maurice und Saint Maur hatten ebensowenig Erfolg wie die von der preussischen Regierung 1890 am Oder-Spree-Kanal angestellten<sup>2)</sup>, deren Anordnung Fig. 4 und 5 veranschaulicht. Zwei Lokomobile von etwa 14 PSi Leistungsfähigkeit treiben mit etwa 3 km/St. Geschwindigkeit das rd. 9,3 km lange Wanderseil an, das bei einem Durchmesser von 19 mm ein Gewicht von 0,94 kg/m besitzt und etwa alle 60 bis 100 m in Höhe von etwa 3 m über dem Treidelpfad durch Rollen gestützt wird. In Abständen von je etwa 400 m befinden sich Schlösser am Seil, an denen die Schiffer ihre Zugleinen befestigen können. Es ergab sich, daß das Seil ständig in ganz unregelmäßiger Weise sich um seine Längsachse drehte und dadurch trotz der verschiedensten Ausbildung der Seilschlösser die zum Schiff führende Zugleine verschlungen oder auch zerrissen wurde. Dauernd hat sich das Wanderseil bisher nur auf der 2,6 km langen Tunnelstrecke des Aisne-Marne-Kanals<sup>3)</sup> bewährt. Dort aber beträgt die Seilgeschwindigkeit nur 1,4 km/St. und nur alle drei Stunden wird ein Zug durch den Tunnel gezogen. Dieser Inanspruchnahme kann das Wanderseil wohl genügen, nicht aber der bei dichtem Verkehr erforderlichen Fahrgeschwindigkeit von 4 bis 5 km/St. Der Umstand, daß das Wanderseil ständig unabhängig von der Verkehrsleistung große Energiemengen zur Überwindung der Eigenreibung verbraucht, ist in wirtschaftlicher Hinsicht sicher ebenfalls nachteilig.

Den Gedanken endlich, für das mechanische Schleppmittel den Treidelpfad als Stützmittel ebenso zu benutzen wie für Mensch und Pferd, soll schon 1839 Larmanjat<sup>4)</sup> auf dem Kanal von Burgund und auf den Kanälen von Neufossé und Aire verwirklicht haben. Er treidelte dort mit 5 bis 8 t schweren Lokomotiven, deren vier breite Räder von etwa 1 m Durchmesser

unmittelbar auf dem Treidelpfad liefen. Nur zur Führung der Lokomotive lief ein fünftes Rad auf einer einzelnen in den Treidelpfad eingebetteten Schiene. Die preussische Regierung veranstaltete 1890 im Zusammenhang mit den Wanderseilversuchen am Oder-Spree-Kanal ebenfalls Treidelversuche<sup>1)</sup> mit einer normalen Dampflokomotive

<sup>1)</sup> Lévy und Pavie, Moyens mécaniques et électriques de traction des bateaux, Paris 1894.

<sup>2)</sup> Mohr, Zeitschrift für Bauwesen, Berlin 1891, S. 259 u. ff.

<sup>3)</sup> La Rivière und Bourguin, Bericht zum VII. intern. Schiffahrtkongreß, Brüssel 1908.

<sup>4)</sup> Galliot, Revue de Mécanique, Paris, Juli 1899.

<sup>1)</sup> Mohr, Zeitschrift für Bauwesen, Berlin 1891, S. 259 u. ff.

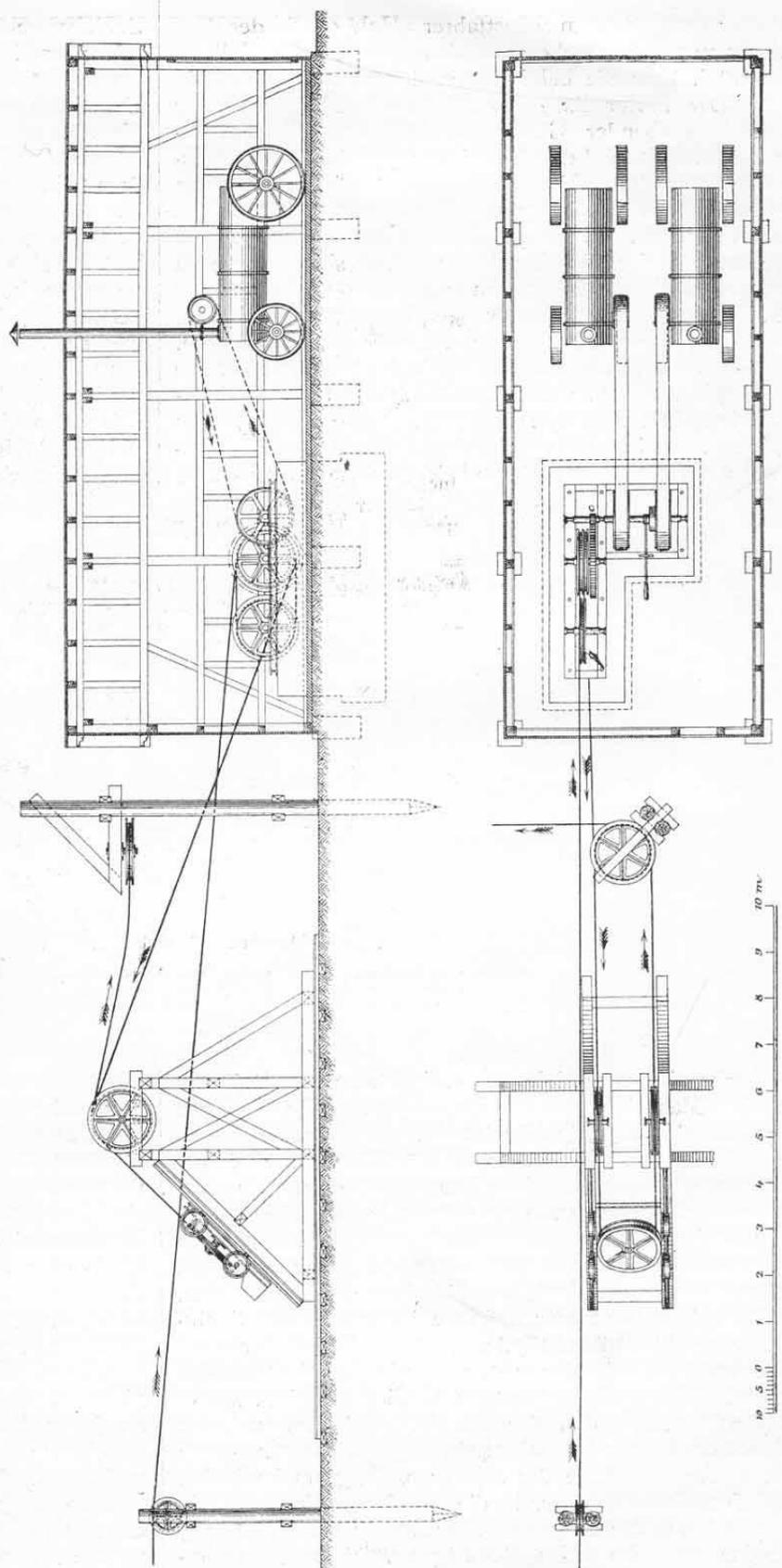


Fig. 4. Wanderseilversuche am Oder-Spreekanal 1890, Antriebsstation.



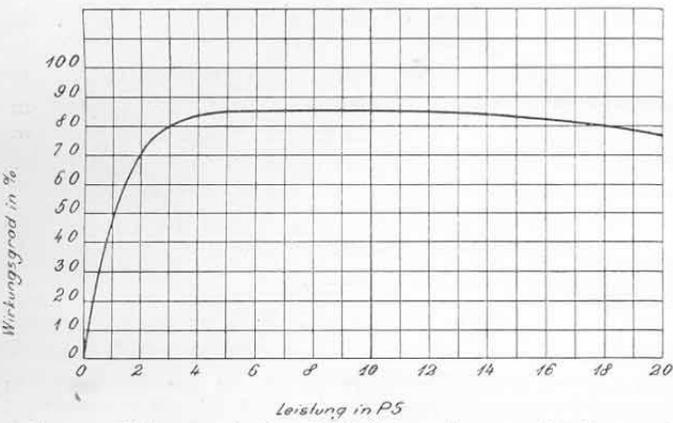


Fig. 7. Wirkungsgrad eines Treidellokomotivmotors der Siemens-Schuckertwerke.

selbst oder auf Hochbahnen über diesem verkehren. Beim Schiff sowohl wie bei den Lokomotiven zwingen ja Rücksichten auf Wirtschaftlichkeit und auf die verfügbaren Durchgangsprofile zur räumlichen Beschränkung. Dieser Vorteil des Elektromotors tritt um so mehr in Erscheinung, als das ihn tragende Fahrzeug die Energiequelle nicht mit sich zu führen braucht, denn meistens wird die Elektrizität dem Motor aus einer längs der Fahrbahn ausgespannten Leitung zugeführt. Hierdurch wird Gewicht und Raum der elektrischen Anlage des Fahrzeuges beispielsweise gegenüber einer aus Dampfmaschine, Kessel, Wasser- und Kohlenbehälter bestehenden Anlage in sehr erwünschter Weise beschränkt.

Zu diesen konstruktiven Vorzügen des Elektromotors tritt der weitere betriebstechnische, daß er mit sehr einfachen Mitteln eine Änderung seiner Umdrehungszahl in fast beliebigen Grenzen und auch die Umsteuerung zuläßt. Dadurch wird ein äußerst bequemes Regeln der Schiffsgeschwindigkeit ermöglicht. Andererseits behält der einmal auf volle Geschwindigkeit eingestellte Elektromotor diese Geschwindigkeit fast unabhängig von der Belastung bei. Treten vorübergehend erhöhte Widerstände dem Schiff entgegen, so gibt der Elektromotor anstandslos ein vielfaches seiner normalen Leistung her, auch hierbei seine volle Geschwindigkeit nahezu beibehaltend. Dieses Verhalten macht den Elektromotor besonders für die Einrichtung eines fahrplanmäßigen Schleppbetriebes geeignet.

In wirtschaftlicher Hinsicht hat der Elektromotor die schätzenswerte Eigenschaft, daß er auch bei sehr veränderlicher Belastung, wie sie beim Treidelbetrieb die Regel bildet, den ihm eigenen verhältnismäßig hohen Wirkungsgrad fast unverändert beibehält. Dies geht z. B. aus Fig. 7 hervor, die die Wirkungsgradkurve eines von den Siemens-Schuckertwerken, Berlin, eigens für elektrische Treidellokomotiven entworfenen Gleichstrommotors zeigt. Von besonderem Wert ist, daß der stillstehende Elektromotor überhaupt keine Energie verbraucht, eine Eigenschaft, welche beispielsweise eine Dampfmaschinenanlage, die in den Betriebspausen unter Dampf gehalten werden muß, nicht besitzt. Vor allem aber ergibt sich eine erhebliche Brennstoffersparnis aus dem Umstand, daß die von den verschiedenen längs eines Kanals verkehrenden Schleppmitteln benötigte Energie beim elektrischen Betrieb einheitlich in einer oder wenigen elektrischen Zentralen erzeugt wird. Die Zentralen sind stets durch die Summe der Momentanleistungen sämtlicher Schleppmittel belastet. Dieser Summenwert unterliegt meist nur allmählichen und geringen Schwankungen. Zudem wird die Energie in der Zentrale nur in einem oder wenigen großen Maschinensätzen erzeugt. Diese aber arbeiten gerade bei der gleichmäßigen Belastung erheblich wirtschaftlicher, als die kleinen stets veränderlich belasteten

Maschinen der einzelnen Schleppmittel, die nur je 20 bis 30 PS Leistungsfähigkeit besitzen und schon deshalb einen ungünstigen Brennstoffverbrauch haben. Man kann annehmen, daß die wirtschaftliche Überlegenheit der zentralen Energieerzeugung schon beim gleichzeitigen Verkehr von 4 bis 5 Schleppmitteln beginnt. Schließlich wird die erwähnte einfache Handhabung der Elektromotoren in vielen Fällen eine Verminderung des Schlepppersonals und daraus Ersparnisse ermöglichen.

Die für den Schiffszug geschaffenen elektrischen Einrichtungen können leicht in solcher Weise ausgedehnt werden, daß sie zum Betrieb sämtlicher Kanalanlagen, also der Schleusen, Hebewerke, Lösch- und Ladestellen, der Speicher, Sicherheitstore, Werkstätten, Bootswerften, Pumpwerke und auch zur Kanalbeleuchtung dienen können. Durch den elektrischen Betrieb sämtlicher Kanalanlagen aber wird der Schiffsfahrtsbetrieb auf dem Kanal erheblich beschleunigt und verbilligt. Diese mittelbare Folge des elektrischen Schiffszuges spricht wesentlich zu seinen Gunsten.

Endlich ergibt sich aus der Verteilung der Elektrizität längs des Kanals die wirtschaftlich bedeutungsvolle Möglichkeit, die nun einmal verfügbare Elektrizität an die Kanalanlieger abzugeben. Durch die Versorgung der benachbarten Landwirtschaft und Industrie mit Elektrizität vermindern sich deren Gestehungskosten. Andererseits werden durch die erhöhte Abgabe von Energie auch die Gestehungskosten der elektrischen Anlage verringert und dadurch eine Verbilligung der Schleppgebühren ermöglicht, die wieder zur Erleichterung des Güterausstausches beiträgt. So werden die elektrischen Drähte, die mit dem Kanal in die abseits von den Verkehrszentren liegenden Landesteile eindringen und die belebende Energie dort in Häuser, Werkstätten, Gehöfte und Fabriken leiten, wertvolle Helfer an der kolonisierenden Arbeit des Kanals. Die Durchsetzung des ganzen Kanalgebietes mit Elektrizität ist das erstrebenswerte Ziel, das sich auf der Grundlage des wohlgeordneten und wirtschaftlichen elektrischen Schiffszuges aufbaut. Sehen wir zu, welche Entwicklung dieser selbst genommen hat.

### III. Die Entwicklung des elektrischen Schiffszuges.

Der mechanische Schiffszug hat, wie wir sahen, alle sich bietenden Möglichkeiten benutzt, um die Maschinenkraft in vorteilhafter Weise zum Schleppen von Schiffen

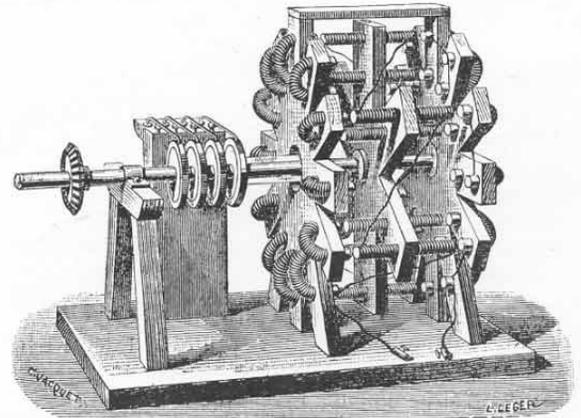


Fig. 8. Magnetelektrischer Bootsmotor von Jacobi, 1838.

auszunutzen. Man hat die Schleppmittel sich entweder auf das Wasser selbst (Schrauben- und Radschlepper) stützen lassen oder auf die Kanalsole (Seil- und Kettschlepper). Man hat den Treidelpfad als Stützmittel für das Schleppmittel benutzt (Treidellokomotive) und schließ-

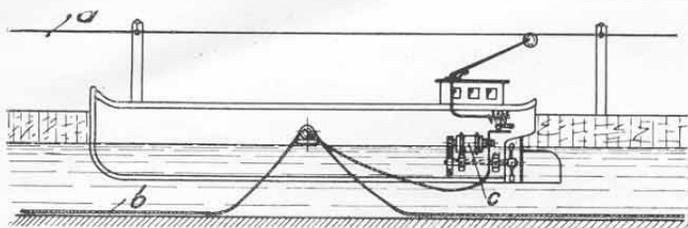


Fig. 9. Elektrischer Bootsbetrieb mit Oberleitung nach Hunter, 1889.

lich auch den Raum über dem Treidelpfad (Wanderseil). Auch bei der Einführung des elektrischen Schiffszuges hat man sich des Wassers, der Kanalsole, des Treidelpfades und der über dem Treidelpfad sich erstreckenden Hochbahn bedient.

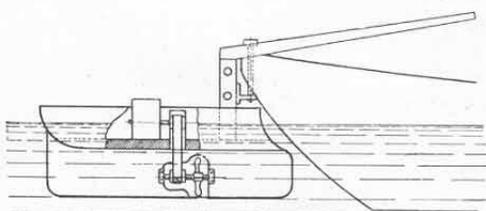
### 1. Schleppmittel die sich auf das Wasser stützen.

Das erste sich auf das Wasser stützende elektrische Schleppmittel stammt aus einer Zeit, in der die dynamoelektrische Maschine noch nicht erfunden war. Professor Jacoby, Petersburg<sup>1)</sup>, rüstete 1838 ein kleines Boot von 8,4 m Länge und 2,25 m Breite auf der Newa mit der in Fig. 8 dargestellten magnetoelektrischen Maschine aus. Sie wurde aus 320 Daniell-Elementen gespeist, die dem Boot eine Geschwindigkeit von 2,3 km/St. verliehen. Im folgenden Jahr erzielte Jacoby durch Einbau von 128 Grove-Elementen in das Boot eine Geschwindigkeit von 4,17 km/St. Vor Erfindung des dynamoelektrischen Prinzips wurden in verschiedenen Ländern noch mehrere elektrische Boote unter Benutzung von galvanischen Elementen versuchsweise in Betrieb gesetzt, doch hatten die Versuche mehr wissenschaftlichen Charakter. Erst nach Erfindung der Dynamomaschine durch Werner von Siemens konnte der elektrische Betrieb von Booten sich praktisch bewähren. Das erstere, von Siemens & Halske gebaute Personenboot »Electra«<sup>2)</sup>, dessen Motor aus einer in das Boot eingebauten Akkumulatorenbatterie gespeist wurde, erregte auf der Elektrotechnischen Ausstellung in Frankfurt a. M. 1891 großes Aufsehen.

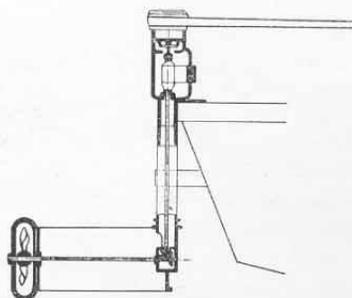
Nahezu gleichzeitig tauchte der Vorschlag auf, auch Lastschiffe mit Hilfe der Elektrizität zu bewegen und zwar unter Entnahme der elektrischen Energie aus längs der Wasserstraße gespannten Leitungen. R. M. Hunter, Philadelphia, ließ sich 1889 ein amerikanisches Patent (Nr. 403 193) auf verschiedene Ausführungsformen des elektrischen Bootsbetriebes erteilen, darunter die in Fig. 9 gekennzeichnete, bei der der Strom dem Motor *c* aus einer am Ufer ausgespannten Leitung *a* zugeführt und durch einen im Wasser versenkten Draht *b* wieder zurückgeleitet wird. Es ist aber nicht bekannt geworden, daß Hunters Vorschlag jemals verwirklicht worden wäre.

<sup>1)</sup> Guérout, *Lumière électrique*, Paris 1882, S. 538 u. ff.

<sup>2)</sup> *Elektrotechn. Rundschau*, Sonderausgabe, Frankfurt a. M. 1891, S. 1129.



a



b

Fig. 10. Elektrisches Motorsteuerboot a) von Büsser, b) von Galliot.

Etwas später machten fast gleichzeitig, jedoch unabhängig voneinander, O. Büsser, Oderberg, und Galliot, Paris<sup>1)</sup>, Vorschläge zum Bewegen von Lastschiffen mit elektrisch betriebenen Propellern. Beide, in Fig. 10 dargestellten Vorschläge gehen dahin, an ein beliebiges Lastschiff ein besonderes, mit einer Schiffsschraube versehenes Ruder anzuhängen. Die Schraube wird durch einen angebauten kleinen Elektromotor angetrieben, der den Strom aus einer Oberleitung oder auch aus einer Akkumulatorenbatterie erhält. Die Verbindung der Schiffsschraube mit dem Ruder soll den Antrieb vereinfachen und gleichzeitig die Steuerung des Schiffes erleichtern; Galliot will die

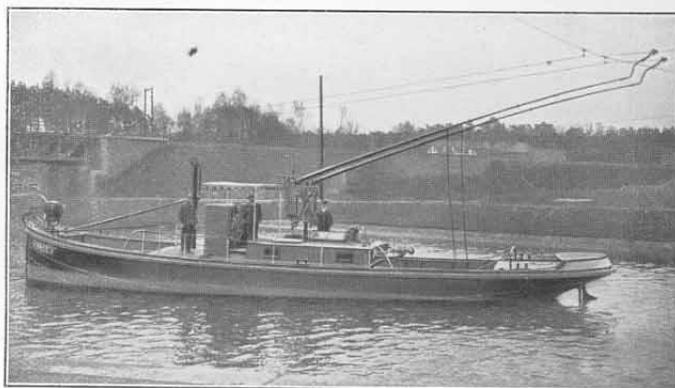


Fig. 11. Elektrisches Schleppboot »Teltow« mit Stromabnehmerstangen, 1903.

Schiffsschraube auch durch senkrechte Verschiebung der Eintauchtiefe des Schiffes anpassen. Die 1893 auf der Seine und dann bei Dijon angestellten Versuche mit dem Galliotischen Motorsteuer ergaben nur dann einen wirtschaftlichen Betrieb, wenn die Schraube genügend weit vom Heck des Lastschiffes entfernt war, um im vollen Wasser zu arbeiten; das Motorsteuer wurde dann aber, besonders bei der Einfahrt in die Schleusen, leicht beschädigt. Zur dauernden Einführung des Motorsteuers von Galliot ist es deshalb nicht gekommen, ebenso wenig wie zu praktischen Versuchen des Büssterschen Motorsteuers. Auf dem Kanal Brüssel—Charleroi führte Léon Gerard 1899 versuchsweise einige elektrische Schleppboote<sup>2)</sup> ein, deren Schrauben von je einem Drehstrommotor von 12 PSe mit 350 Umdr./Min. angetrieben wurden. Den Strom entnahmen die Boote einer am Ufer entlang geführten dreipoligen Leitung. Die Teltow-Kanalverwaltung<sup>3)</sup> unterzog 1903 das in Fig. 11 und 12 dargestellte elektrische Schleppboot »Teltow« der Siemens-Schuckertwerke eingehenden Versuchen. Das Boot arbeitete mit drei Schrauben, die je von einem Gleichstrommotor von 20 PS ohne Übersetzung mit 500 Umdr./Min. angetrieben wurden. Der Strom konnte entweder einer eingebauten Akkumulatorenbatterie oder einer über dem Kanal gespannten doppelpoligen Oberleitung mittels langer, am Ende mit Rollen versehenen Stromabnehmerstangen, oder endlich einer doppelpoligen, am Ufer ausgespannten Leitung mittels eines kleinen selbstfahrenden Kontaktwagens, System Lombard-Gérin, entnommen werden. Die Unterteilung der Schrauben brachte

<sup>1)</sup> Galliot, *Revue de Mécanique*, Paris, Juli 1899.

<sup>2)</sup> Desombre, *L'éclairage électrique*, Paris, Aug. 1900.

<sup>3)</sup> Block, *Elektrotechn. Zeitschr.*, Berlin 1906, Heft 22 bis 25.



Fig. 12. Elektrisches Schleppboot »Teltow« mit Stromabnehmerwagen Lombard-Gérin, 1903.

den Erfolg, daß das zurückgeworfene Wasser die Kanalsohle kaum angriff. Der Wirkungsgrad erreichte den für Schraubenschlepper im begrenzten Wasser verhältnismäßig hohen Wert von 30%. Die Stromabnehmer für den Oberleitungsbetrieb bereiteten in der Versuchsausführung zwar noch einige Schwierigkeiten, doch ließen die Versuche erkennen, daß der Schiffszug mit elektrischen Schraubenseilbooten mit jeder der drei Arten der Stromentnahme bei entsprechender Ausbildung der konstruktiven Einzelheiten technisch wohl durchführbar ist. Sie wurden nicht fortgesetzt, weil gleichzeitige Versuche mit elektrischen Treidelokomotiven deren Überlegenheit für den Fall des Teltowkanals erwiesen. Das schließt aber nicht aus, daß für andere Strecken, wo Treidelokomotiven keine Anwendung finden können, die elektrischen Schraubenseilboote noch beachtenswerte technische und wirtschaftliche Vorteile bieten.

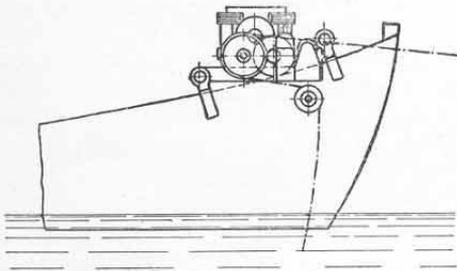


Fig. 13. Elektrischer Kettenschiffszug von Büsser, 1890.

## 2. Schleppmittel, die sich auf die Kanalsohle stützen.

Für die Kettenschiffahrt empfahl 1890 O. Büsser<sup>1)</sup>, dessen Motorsteuerboot eben erläutert wurde, die Anwendung der Elektrizität. Er wollte in der in Fig. 13 dargestellten Weise einfach am Bug eines jeden Lastschiffes eine kleine elektrisch betriebene Kettenwinde einbauen, die ihren Strom aus einer längs der Fahrstraße gespannten Oberleitung entnehmen sollte. In ähnlicher Weise brachte der Franzose de Bovet<sup>2)</sup> — wiederum gleichzeitig mit Büsser — den elektrischen Kettenschiffszug in Vorschlag und erprobte ihn 1894 an einer 4 km langen Strecke des Kanals St. Denis unter Benutzung eines neuartigen, interessanten Maschinenteils, nämlich eines magnetischen Kettenrades, dessen Zweck und Wesen Fig. 14 erläutert. Bis dahin war es üblich, die Kette mehrfach über zwei von derselben Winde angetriebene Kettentrommeln zu schlingen, von denen die Kette nur durch Reibung mitgenommen wurde. Diese Anordnung erschwerte das Auf- und Abnehmen der Kette in hohem Maße und führt in der Regel zur schnellen Abnutzung der Kette, besonders weil jeder Unterschied in den Durchmessern der Trommeln immer stärker werdende Unterschiede in der Geschwindigkeit der Kette an den Trommeln ergibt. Die Kettentrommel von Bouquié, bei der einzelne Zähne im Kranz der Scheiben je ein Kettenglied fassen und auf dieses den ganzen Zug der Winde übertragen, will diesen Nachteil vermeiden, führt aber leicht zu einer zu großen Beanspruchung des gerade gefaßten Kettengliedes. De Bovet dagegen machte seine Kettenrolle so stark magnetisch, daß die Trommel nur etwas mehr als halb umschlingende Kette doch genügend stark an ihr haftete. Die an sich gut gelungenen Versuche von de Bovet haben ebenso wie die Vorschläge von Büsser keine dauernde Verwirklichung gefunden, vermutlich weil der Einbau der elektrischen Kettenwinde in jedes einzelne Lastschiff praktisch kaum durchführbar ist. Auch den besonderen elektrischen Kettenschleppern ist es kaum besser ergangen. Sie sind nur auf einer Tunnelstrecke des Kanals von Burgund<sup>3)</sup> seit 1893 in Betrieb. Es ist das nicht auf etwaige Nachteile des elektrischen Betriebes zurückzuführen, sondern auf die schon früher erörterten Schwierigkeiten, die der Kettenschiffahrt an sich anhaften. Wenn trotzdem in jüngster Zeit wieder ange-regt wird, die elektrische Kettenschiffahrt da einzuführen,

<sup>1)</sup> Cox, Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing., Berlin 1898, S. 690 u. ff.

<sup>2)</sup> Galliot, Revue de Mécanique, Paris, Juli 1889.

<sup>3)</sup> La Rivière, Bericht zum X. intern. Schifffahrtkongreß, Mailand 1905.

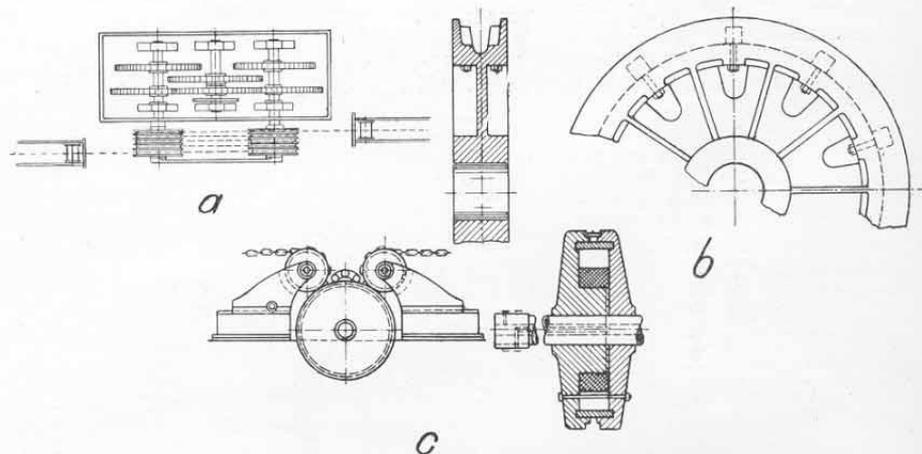


Fig. 14. Kettenräder. a = Kettenscheiben, b = Kettennuß von Bouquié, c = Elektromagnetisches Kettenrad von de Bovet.

wo Treidellokomotiven nicht gut angewendet werden können, so wird wohl zu überlegen sein, ob die sicherlich erstrebenswerte Beschränkung des Energieverbrauches bei Anwendung der Kette durch deren offenbare Nachteile erkauft werden darf.

### 3. Schleppmittel, die sich auf Hochbahnen stützen.

Die Benutzung des Treidelpfades selbst für den elektrischen Schiffszug ist verhältnismäßig spät ernsthaft angenommen worden. Älter sind die Versuche, elektrische Lokomotiven auf Hochbahnen längs des Treidelpfades zum Schleppen zu benutzen. Hier ist zunächst das in Fig. 15 gekennzeichnete System von Richard Lamb in Trenton zu erwähnen, das 1895 in der Nähe von Buffalo auf einer 6 km langen Strecke und 1898 von der Siemens & Halske A.-G. am Finowkanal<sup>1)</sup> Versuchen unterzogen wurde. Das Lambsche System benutzt eine möglichst leichte Lokomotive, die an einem starken, etwa 3 bis 4 m über dem Treidelpfad an Masten ausgespannten Tragseil auf Rollen hängt. Unterhalb dieses Tragseiles befindet sich ein dünneres Zugseil, das um ein von dem Motor der Lokomotive angetriebenes Windenrad geschlungen ist. An diesem Zugseil windet sich die das Schiff ziehende Lokomotive entlang. Die Versuche am Finowkanal ergaben die völlige Unzulänglichkeit des Systems für stärkere Verkehrsansprüche. Zunächst war es unmöglich, den Strom, wie geplant, der Lokomotive durch das Tragseil zuzuführen und ihn durch das dünnere Zugseil zur Erde zurückzuleiten. Da die Isolatoren, auf die zu diesem Zweck das Tragseil verlegt werden mußte, der mechanischen Beanspruchung nicht standhielten, mußte eine besondere Kontaktleitung gezogen werden. Vor allem aber traten auch bei richtig bemessenem Durchhang in dem Tragseil Zugkräfte auf, deren Komponenten in den Bahnkrümmungen die Standfestigkeit der Masten nicht gewachsen war. Auch durch den jedesmaligen Wechsel der Seilbeanspruchung beim Passieren eines Mastes wurde



Fig. 15. Treidellokomotive System Lamb, 1895.

dessen Standfestigkeit geschmälert. Weiter wurde das Zugseil durch das Aufwickeln auf das verhältnismäßig kleine Windenrad der Lokomotive stark mitgenommen. Dabei betrug bei den Versuchen die Leistungsfähigkeit der Lokomotive nur etwa 5 PS, so daß nur einzelne Schiffe mit verhältnismäßig geringer Geschwindigkeit von ihr geschleppt werden konnten. Für schwere Lastschiffe und Geschwindigkeiten von etwa 5 km/St. ist das System Lamb ungeeignet.

Das bald nachher von den Engländern Thwaite und Cawley<sup>1)</sup> vorgeschlagene Hochbahnsystem (Fig. 16) ist in konstruktiver Hinsicht sicher besser als das Lambsche System durchgearbeitet. Die Masten der Hochbahn erhalten einen Abstand von nur etwa 10 m. Die Laufbahn wird durch Z-Träger gebildet. Ein besonderes Zugseil ist vermieden. Die Lokomotive soll ihre Zugkraft nur durch Adhäsion ausüben. Um mit leichten Lokomotiven große Zugkraft ausüben zu können, wird das Gewicht der Lokomotive mit einer Hebelwirkung auf den Z-Träger übertragen, indem zwei der Triebräder oberhalb des Trägers, die beiden anderen unterhalb desselben mit einem möglichst kurzen Hebelarm angreifen. Durch diese Gewichtsbeschränkung der Lokomotiven wird eine solide Ausführung der Hochbahn in wirtschaftlichen Grenzen ermöglicht. Um die Schiffe in beiden Fahrrichtungen unabhängig voneinander schleppen zu können, werden zwei Laufbahnen an denselben Masten senkrecht übereinander eingerichtet. Der Strom wird den Lokomotiven durch Kontaktschienen zugeführt, die unterhalb der Z-Träger isoliert an diesen befestigt sind. Die Rückleitung des Stromes geschieht durch die Laufbahn, die mit der Erde verbunden wird. Praktische Versuche mit dem System Thwaite-Cawley sind nicht bekannt geworden. Es kann trotz seiner Überlegenheit über das Lambsche System wie dieses sich auch nur für leichte Lokomotiven, also für geringe Zugkräfte und Geschwindigkeiten eignen, da andernfalls die Hochbahn unwirtschaftlich hohe Anlagekosten verursachen würde.

Die Vorschläge von Thwaite und Cawley zeigen zum erstenmal das Bestreben, bei der Treidellokomotive die Adhäsion mit künstlichen Mitteln zu ver-

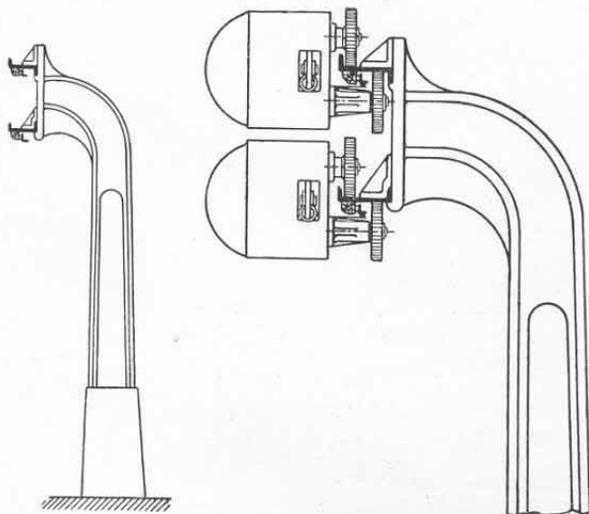


Fig. 16. Treidellokomotive System Thwaite und Cawley, 1898.

<sup>1)</sup> Electrical Review, London, Sept. 1898.

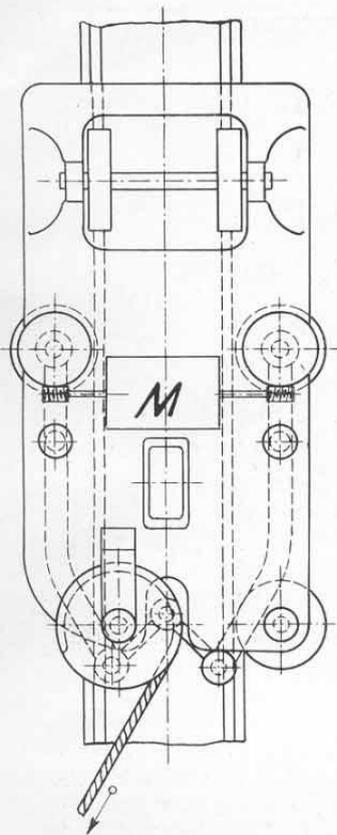
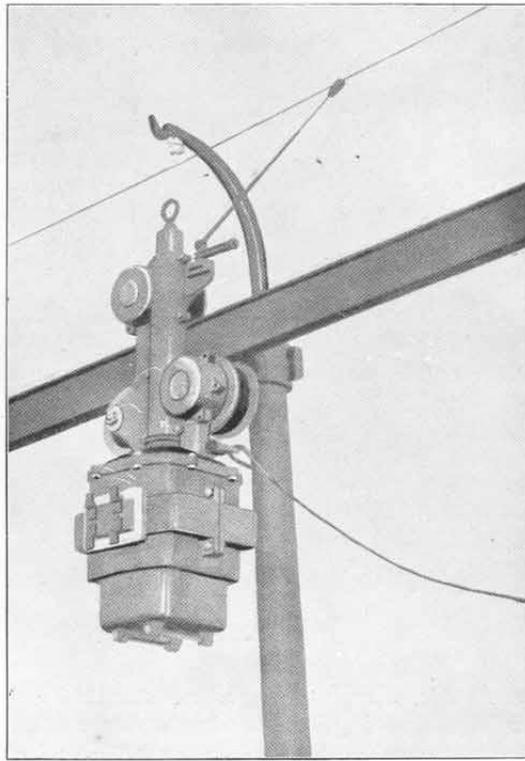


Fig. 17. Treidellokomotive mit künstlicher Adhäsion System Rudolph, 1900.



beiden Fällen nicht zu erreichen ist, bedarf keines Beweises. Danach sind Lokomotiven mit künstlicher Adhäsion nur in jenen einzelnen Fällen berechtigt, in denen besondere Umstände die Durchführung eines normalen Schienengleises hindern, z. B. bei zu schmalen Treidel-pfaden und in Tunnels oder dort, wo die Ufer für den Lös- und Ladeverkehr mittels Hochbahnen freigehalten werden sollen.

Mit Rücksicht auf diese nicht seltenen Fälle verdienen noch weitere Systeme von Adhäsionslokomotiven Erwähnung. Das älteste ist dasjenige von A. Rudolph, der 1898 seine durch Fig. 17 gekennzeichneten Ideen zum Patent anmeldete und 1900 durch das Eisenwerk vorm. Nagel & Kaemp, A.-G. in Hamburg, auf einer kleinen Versuchsstrecke erproben ließ.<sup>1)</sup> Rudolph wollte die von dem Schlepplzug benötigte Zugkraft selbst zur Erhöhung der Adhäsion der Lokomotive ausnutzen, indem er Druckrollen durch geeignete Hebel von dem Zugseil um so stärker an die Bahn anpressen ließ, je stärker die vom Seil ausgeübte Zugkraft war. Im Leerlauf belastet seine Lokomotive ihre Laufbahn nur durch ihr Eigengewicht. Rudolphs Plan war ganz allgemein auf die Verstärkung der Adhäsion von Treidello-

motiven proportional zu der ausgeübten Zugkraft gerichtet. Es gelang ihm indes nicht, seine Ideen in die Praxis einzuführen.

Einige Zeit nach dem Rudolphschen Versuche, in den Jahren 1903 und 1904, wurden am Erie-kanal<sup>2)</sup> Ver-

<sup>1)</sup> Rudolph, Bericht zum VIII. int. Schifffahrtskongreß, Paris 1900.

<sup>2)</sup> Electrical World and Engineer, New York 1903, S. 795 u. ff.

größern. Dadurch soll das Gewicht der Lokomotive und infolgedessen das Gewicht ihrer Laufbahn beschränkt werden. Dieses Bestreben hat bis in unsere Zeit hinein viele Konstrukteure vollkommen beherrscht und auch zu recht beachtenswerten Vorschlägen geführt; es muß jedoch für große durchgehende Kanäle als unberechtigt bezeichnet werden. Bei langen Strecken ist es viel wirtschaftlicher, das einfache, aus zwei Vignoleschienen gebildete und auf Schwellen in den Erdboden gebettete Gleis und schwere Lokomotiven für reine Adhäsion mit einfachen Radsätzen zu verwenden, als durch die geringste Abweichung von der normalen Form des Gleises die Kosten für Anlage und Unterhaltung der Laufbahn zu erhöhen. Die Gleise und Laufbahnen nehmen bei allen Treidellokomotivsystemen den weitaus größten Anteil der Anlagekosten in Anspruch. Diese Kosten muß man durch Vereinfachung des Bahnsystems zu beschränken suchen, um so mehr, als aus der Vereinfachung desselben stets auch eine leichtere Instandhaltung folgt. Ob das Gewicht der Lokomotiven und infolgedessen auch ihr Preis etwas höher werden, macht vom wirtschaftlichen Standpunkt wenig aus, da die Lokomotiven nur einen verhältnismäßig kleinen Teil der Gesamtanlagekosten der Schiffszugeinrichtung in Anspruch nehmen. Kostet 1 kg Lokomotivgewicht viermal so viel als 1 kg Laufbahngewicht und beträgt der durchschnittliche Zugabstand 4 km — eine Entfernung, die bei geregelterm Betrieb an modernen Kanälen schon einem sehr dichten Verkehr entspricht — so darf für jedes kg/m Gewichtsparsnis an der Laufbahn das Lokomotivgewicht um 1000 kg zu nehmen. Die leichteste Lokomotive mit künstlicher Adhäsion wiegt aber äußerstenfalls nur 7000 kg weniger als die gleich leistungsfähige Lokomotive mit einfacher Adhäsion. Deshalb dürfte bei gleichen Gesamtkosten beider Systeme das Laufbahngewicht dasjenige des normalen Gleises nur um 7 kg/m übersteigen; daß das aber bei gleicher spezifischer Beanspruchung der Bahnen in

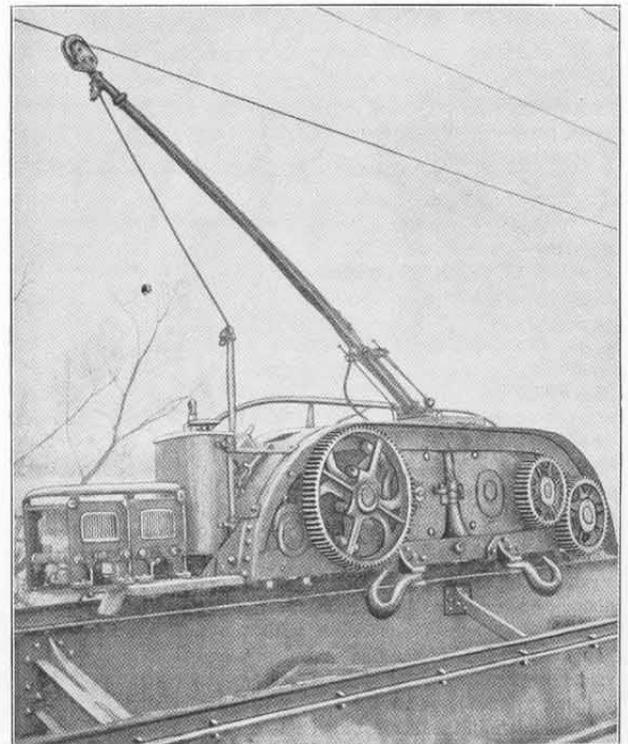


Fig. 18. Treidellokomotive mit künstlicher Adhäsion System Wood, 1903.

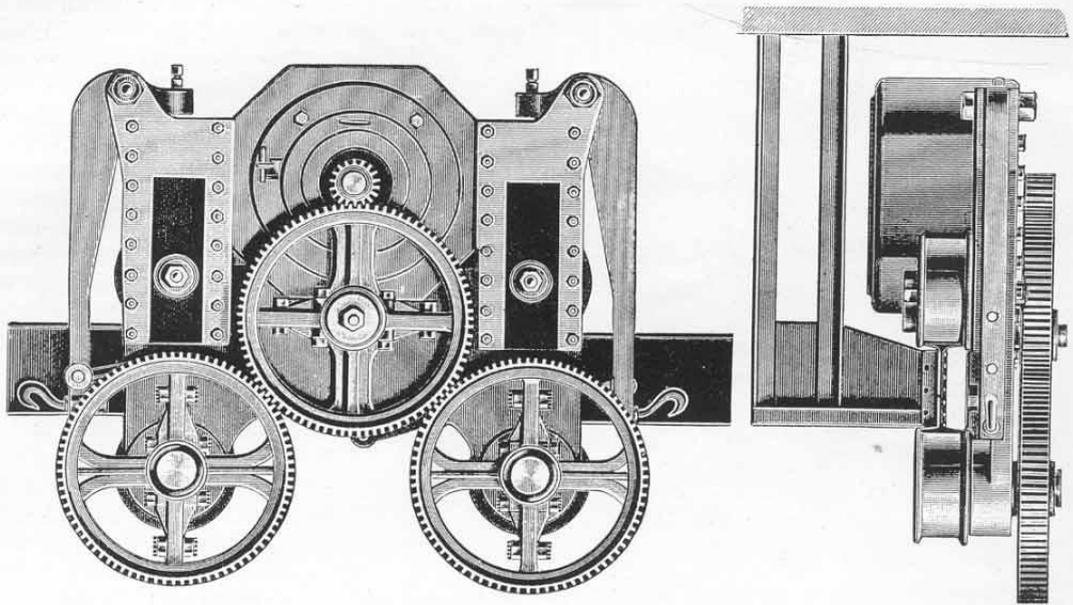


Fig. 19. Treidellokomotive mit künstlicher Adhäsion System Clarke-Gerard, 1905.

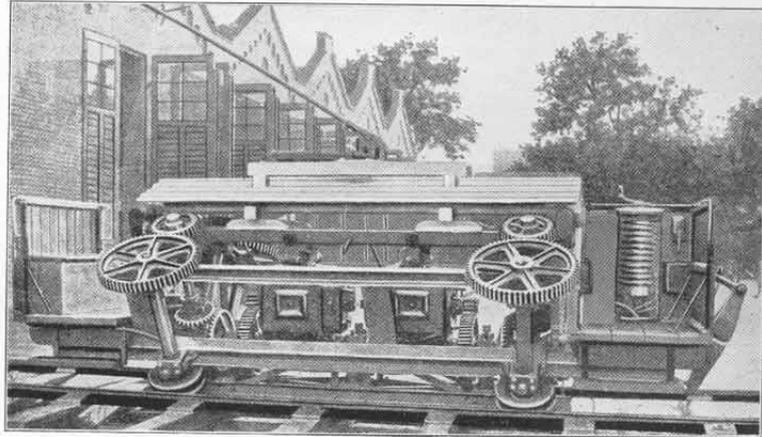
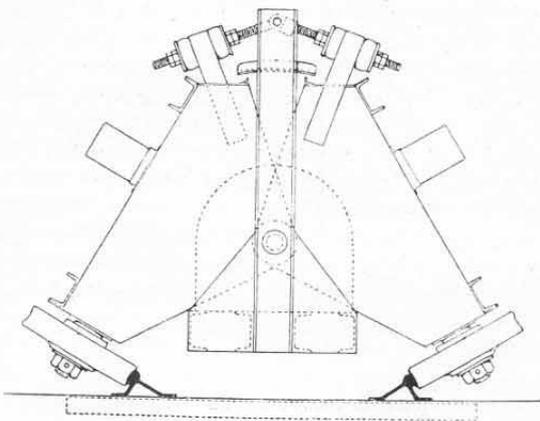


Fig. 20. Treidellokomotive System Vehring, 1901.

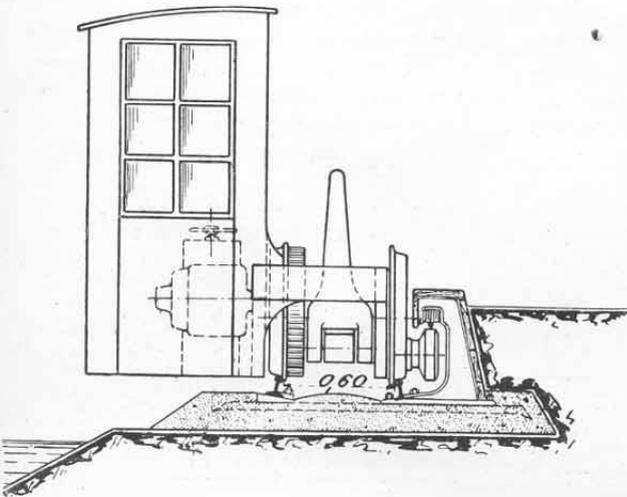


Fig. 21. Treidellokomotive System Feldmann, 1901.

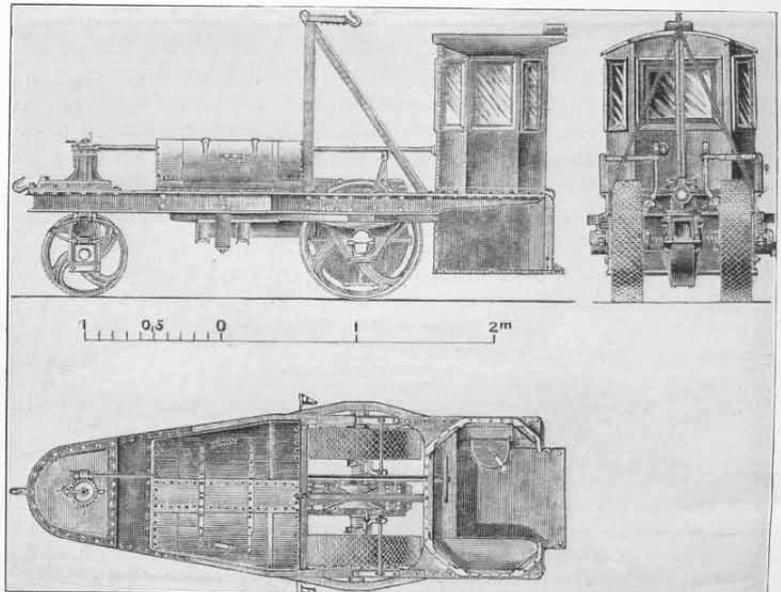


Fig. 22. Elektrisches Pferd System Galliot, 1898.

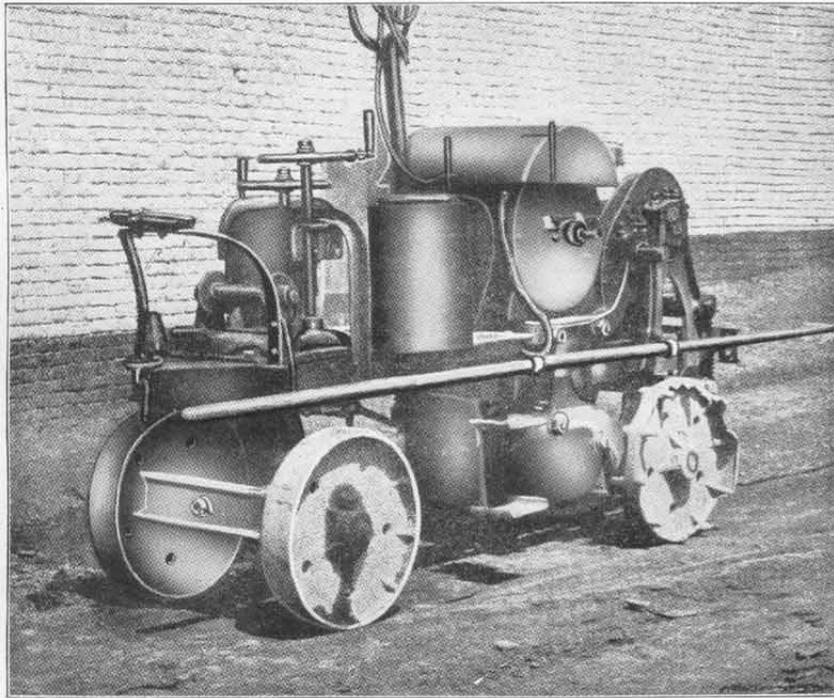


Fig. 23. Elektrisches Treidelautomobil System Gerard, 1899.

suche mit einer ähnlichen Art von Lokomotiven von Wood angestellt. Seine in Fig. 18 dargestellte Lokomotive läuft mit zwei Rädern auf einem etwa 1 m über dem Treidelpfad liegenden, in Abständen von je 7,5 m unterstützten Träger. Zwei unterhalb des Trägers angreifende Laufrollen werden unter Zwischenschaltung von Federn durch das Zugseil um so stärker gegen die Laufbahn gepreßt, je größer die ausgeübte Zugkraft ist. An die Stelle der Rudolphschen Hebel sind die Federn der Woodschen Konstruktion getreten. Diese Konstruktion wurde, als 1905 die American Adhesion Traction Co. die Fortsetzung der Woodschen Arbeiten übernahm, von dem Amerikaner John Clarke und dem Belgier Léon Gerard durch eine eigenartige, aus Fig. 19 ersichtliche Anordnung von Hebeln vervollkommen, die ermöglicht, das Zugseil in bequemer Weise bei beiden Fahrrichtungen der Lokomotive an dieser zu befestigen. Mit dieser neuen Clarke-Gerardschen Lokomotive wurden 1905 am Erie-Kanal bei Schenectady Versuche angestellt, bei denen mit der 3 t wiegenden Lokomotive Zugkräfte bis zu 3000 kg und Geschwindigkeiten bis zu 7 km/St. erreicht wurden. Über die bei diesen Versuchen erzielten Wirkungsgrade der Lokomotive sind Zweifel aufgetaucht<sup>1)</sup>, die neuerdings durch eingehende Versuche, die Stillwell und Putnam<sup>2)</sup> 1907 am Lehigh Kanal (Pennsylvanien) anstellten, zu Ungunsten der Clarke-Gerardschen Lokomotive behoben sind. Während bei den ersten Versuchen Gesamtwirkungsgrade bis zu 86,5% erzielt sein sollen, stellte Stillwell den mechanischen Wirkungsgrad allein zu nur höchstens 77,5%, den Gesamtwirkungsgrad also — bei Annahme eines Motorwirkungsgrades von 85% — zu nur 66% fest. Die Laufbahn der Clarke-Gerardschen Lokomotive kann in beliebiger Höhe über dem Treidelpfad angebracht werden. Sie könnte auch auf die Böschung

<sup>1)</sup> Köttgen, Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin, 9. Aug. 1906 und Gerard, Bull. Soc. Belg. d'Électr., Brüssel 1906, Heft 23.

<sup>2)</sup> Stillwell und Putnam, Proc. Am. Inst. El. Eng., New York, März 1908.

des Treidelpfades verlegt werden, wenn nicht dadurch das Überführen des Zugseiles über am Ufer liegende Kähne ausgeschlossen würde. In der Regel wird man daher wohl die Laufbahn etwa 1 m über den Treidelpfad legen müssen, wodurch natürlich der Verkehr quer zum Kanal stark beeinträchtigt wird. Auch dann noch wird es schwierig sein, dem Zugseil sich entgegenstellende Hindernisse zu überwinden, wenn das System nicht Einrichtungen erhält, um in solchen Fällen das Zugseil höher zu führen. Geschieht das aber, so werden durch den hohen Angriffspunkt des Zugseiles die Laufbahnträger in solcher Weise beansprucht, daß eine erhebliche Gewichtsvermehrung der Träger notwendig und die Anlagekosten unzulässig gesteigert werden. Aus all diesen Gründen haben die Lokomotiven von Wood, Clarke und Gerard ebenso wie alle anderen mit künstlicher Adhäsion arbeitenden nur in den schon erwähnten Fällen eine Berechtigung, in denen die einfache Adhäsionslokomotive keine Anwendung finden kann.

Einige Konstrukteure haben versucht, die Vorteile der künstlichen Adhäsion beizubehalten und doch die oben erläuterten Nachteile der Hochbahnen zu umgehen,

indem sie die eigenartig ausgebildeten Laufbahnen unmittelbar auf den Treidelpfad verlegten. Aus diesem Bestreben ist die in Fig. 20 dargestellte Lokomotive von Vehring<sup>1)</sup> und die in Fig. 21 dargestellte Lokomotive von Feldmann<sup>2)</sup> entstanden. Ersterer wollte durch Schrägstellung des Triebwerkes eine Keilwirkung auf die Schienen ausüben und dadurch die Adhäsion vergrößern; eine 1899 hergestellte Versuchsausführung erwies jedoch eine zu große Eigenreibung des ungünstig beanspruchten Triebwerkes. Feldmann schlug 1901 vor, eine dritte Schiene als Stromzuführung und gleichzeitig als Gegenschiene zur Aufnahme des zusätzlichen Druckes zu benutzen, den das Zugseil durch Hebelwirkung auf die stromführende Gegenrolle ausübt. Auch sein System fand keine Einführung in die Praxis. Es leidet eben in derselben Weise wie das Vehringsche an dem erörterten prinzipiellen Fehler, daß es die Gleisanlage zur Erzielung eines geringen Lokomotivgewichtes kompliziert.

#### 4. Schleppmittel, die sich auf den Treidelpfad stützen.

Es ist nicht zu verwundern, daß zu Beginn der Entwicklung des elektrischen Schiffszuges einige Konstrukteure just in den entgegengesetzten Fehler verfielen, weil sie der Beschränkung der Anlagekosten eine zu weitgehende Bedeutung beilegten. Sie glaubten jede besondere Laufbahn für die Treidellokomotiven ersparen zu müssen und

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Binnenschifffahrt, Berlin 1901, Heft 11.

<sup>2)</sup> Feldmann, Zentralbl. d. Bauverwaltung, Berlin, Okt. 1901.

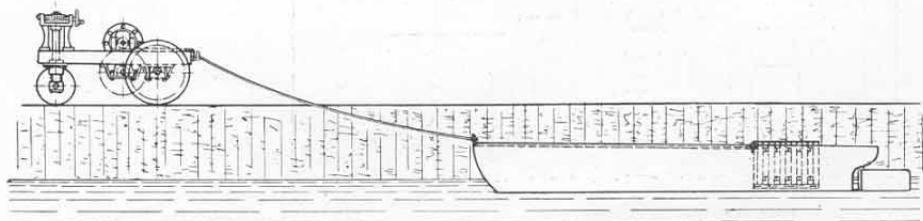


Fig. 24. Elektrischer Treidelzug mit Akkumulatorenbetrieb nach Wollheim, 1893.

ließen diese mit breiten Rädern unmittelbar auf dem Treidelpfad laufen. Der früher häufiger erwähnte Galliot<sup>1)</sup> entwarf 1898 ein gleisloses, in Fig. 22 dargestelltes elektrisches Dreirad, das »elektrische Pferd« genannt, das von der Firma Denèfle & Co. noch im gleichen Jahr an einer 26 km langen Strecke des Aire-Deûle-Kanals in Betrieb gesetzt wurde. Wenn es bei diesem Betrieb auch als nachteilig empfunden wurde, daß die Führung des Dreirades auf dem Treidelpfad die Aufmerksamkeit des Führers reichlich in Anspruch nahm, so gelang es dem nur 2480 kg schweren Automobil doch anstandslos, jeweils ein bis zwei Schiffe mit etwa 3 km/St. und drei Schiffe mit je 290 t Nutzlast mit etwa 2 km/Std. Geschwindigkeit zu schleppen. Es zeigte sich aber bald, daß der Treidelpfad durch die Triebräder des Dreirades zu sehr angegriffen wurde. Die jährlichen Ausgaben für die Instandhaltung des Treidelpfades beliefen sich auf rd. 700 M./km, die Instandhaltung jedes Dreirades kostete rd. M. 400 jährlich, seine Lebensdauer betrug nur etwa zehn Jahre. Dementsprechend hatten die Dreiräder zwischen Strömaufnahme und nutzbar ausgeübter Schleppleistung einen Gesamtwirkungsgrad von durchschnittlich nur etwa 40%. Léon Gerard<sup>2)</sup>, der die Idee von Galliot aufgriff und 1899 ebenfalls ein gleisloses, aber vierrädriges elektrisches Automobil für die Treidelei auf dem Kanal Charleroi—Brüssel anwandte, machte dieselben schlechten Erfahrungen wie Galliot-Denèfle. Fig. 23 zeigt sein Automobil mit den durch die Reaktion des Treidelpfades abgenutzten Triebrädern. Übrigens muß der Vollständigkeit halber hier erwähnt werden, daß schon 1893 Wollheim<sup>3)</sup> vorgeschlagen hatte, in das zu schleppende Schiff in der

<sup>1)</sup> Volkmann, Zentralbl. d. Bauverwaltung. Berlin 1901, S. 231 u. ff.

<sup>2)</sup> Gerard, Bericht zum IX. intern. Schiffahrtskongreß, Düsseldorf 1902.

<sup>3)</sup> Büsser, Zeitschrift für Binnenschifffahrt, Berlin 1896, Heft 9, S. 207.

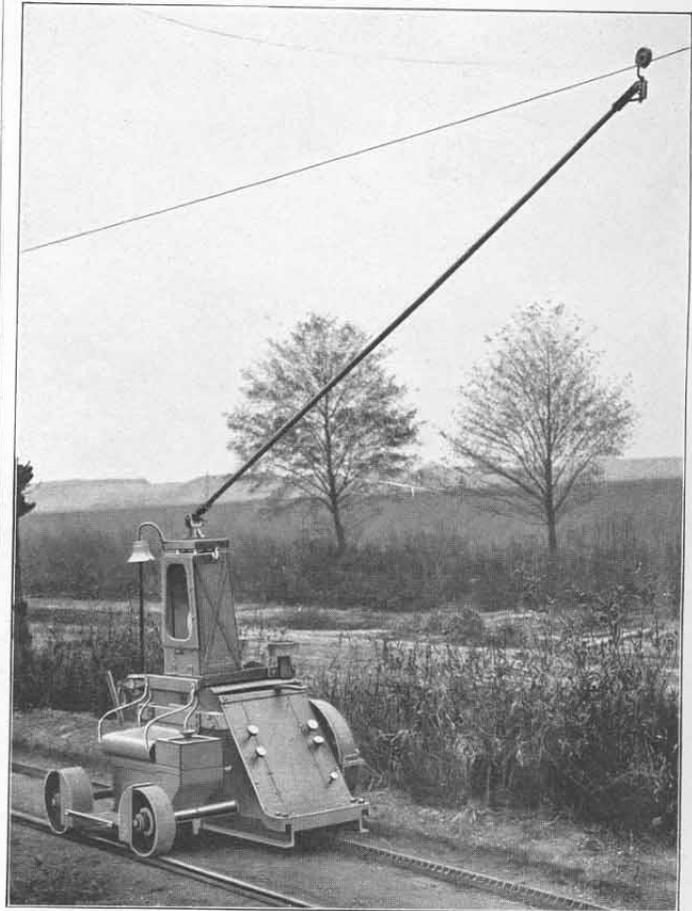


Fig. 25. Treidellokomotive System Köttgen, 1898.

aus Fig. 24 ersichtlichen Weise eine Akkumulatorenbatterie einzubauen, die ein auf dem Treidelpfad laufendes elektrisches Automobil durch das Zugseil hindurch mit Strom versehen sollte.

Den von unserem heutigen Standpunkt anscheinend so naheliegenden Gedanken, für die elektrischen Treidellokomotiven das einfache Gleis aus zwei Vignoleschienen zu verwenden, das auf eisernen oder hölzernen Schwellen in den Treidelpfad gebettet wird, griff erst 1898 Karl Köttgen auf. Seine Anregungen werden von der Siemens & Halske-A.-G. und von den aus ihr entstandenen Siemens-Schuckertwerken, Berlin, seit Jahren mit Eifer verfolgt. Auch dürfte es nicht zum wenigsten Köttgens rastlosen Bestrebungen zu verdanken sein, daß in Deutschland das Interesse aller beteiligten Kreise an der Frage des elektrischen Schiffszuges ein so lebhaftes geworden ist. Köttgen wollte für die Treidelei nach Möglichkeit die im Eisenbahnbetrieb erprobten Konstruktionen verwenden, die er nur den besonderen Betriebsbedingungen der Treidelei entsprechend umzugestalten vorschlug. Er entwarf daher 1898 eine möglichst leichtgehaltene elektrische Lokomotive die nur durch einfache Adhäsion ihre Zugkraft ausüben, aber nicht unmittelbar auf dem Treidelpfad, sondern auf einem in diesen gebetteten Gleis laufen sollte. Dadurch wollte er die vorauszusehende Abnutzung des Treidelpfades und der Treidellokomotive vermeiden und dem Maschinisten die Führung der Lokomotive erleichtern. Das Gleis sollte jedoch zur Beschränkung der Anlagekosten aus einer vom Wasser abgewandten schweren Hauptschiene und einer dem Wasser zugewandten leichten Nebenschiene gebildet werden. Die Hauptschiene war bestimmt, den größten Teil des Gewichtes der Lokomotive und die von deren Triebrädern ausgeübte Zugkraft aufzunehmen. Nur in denjenigen Fällen, in denen der Zu-



Fig. 26. Treidellokomotive System Köttgen, 1900.

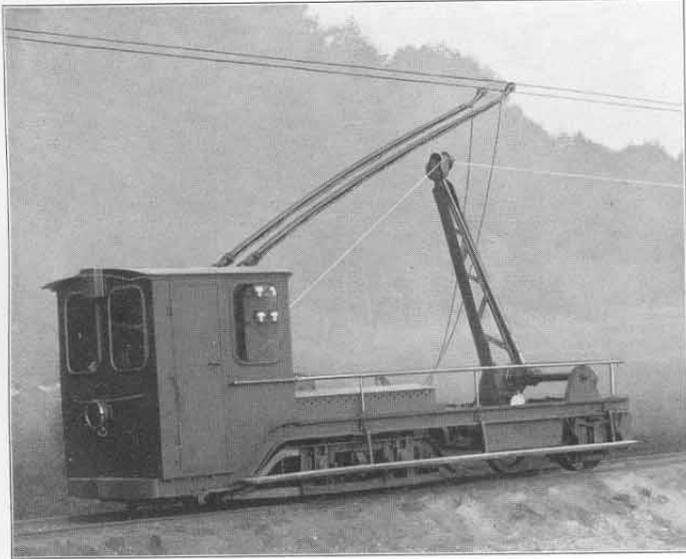


Fig. 27. Treidellokomotive Siemens-Schuckertwerke für die Versuche am Teltowkanal, 1903.

stand des Treidelpfades es gestattete, sollte die Nebenschiene ganz in Fortfall kommen und der Rest des Lokomotivgewichtes durch breite Laufräder unmittelbar auf den Treidelpfad übertragen werden. Der Unterschied zwischen Hauptschiene und Nebenschiene des Gleises ließ Köttgen später aber ganz fallen, weil ein aus zwei gleichstarken Vignoleschienen gebildetes Gleis sich für alle beliebigen Transportzwecke bequem verwenden läßt und, eben weil es vollkommen normal ist, auch den Einbau normaler Zungenweichen gestattet. Die Verlegung des Hauptgewichtes der Lokomotive auf die Landseite aber ist bei allen Ausführungen der Siemens-Schuckertwerke zur Erhöhung der Standfestigkeit der Lokomotiven mit Erfolg beibehalten worden. Die schwerer belastete Schiene wird dann nach eingetretener Abnutzung gegen die bis dahin leichter belastete ausgewechselt. Mit der in Fig. 25 dargestellten Köttgenschen Lokomotive wurden 1899 im Auftrage der preussischen Regierung von der Siemens & Halske A.-G. am Finowkanal<sup>1)</sup> mit gutem Erfolge Versuche angestellt. Da anfänglich noch Zweifel bestanden, ob tatsächlich durch einfache Adhäsion eine für das Treideln ausreichende Zugkraft erreicht werden könnte, so wurden ein Teil der Versuchsstrecke zunächst mit einer Zahnstange längs der Hauptschiene und dementsprechend die Triebräder der Lokomotive mit einem Zahnkranz versehen. Die Zahnstange konnte aber schon nach den ersten Versuchen entfernt werden. Die Laufräder der Wasserseite liefen bei einem Teil der Versuchsstrecke auf einer Nebenschiene, bei dem anderen Teil unmittelbar auf dem Treidelpfad. Die Lokomotive war in der Längsrichtung symmetrisch gebaut, um den sog. Pendelbetrieb zu ermöglichen, bei dem die Schleppmittel nur auf einem Ufer verkehren und beim Begegnen zweier Schleppzüge die Seile austauschen, dann wieder umkehren, bis sie wieder einem Schleppzug begegnen und so fort. Das Zugseil griff etwa 1 m über SO. an. Zum Antrieb diente ein Gleichstrommotor von 12 PS. Die nur 2000 kg schwere Lokomotive konnte bei trockenen Schienen Zugkräfte bis zu 600 kg, bei feuchten Schienen von mindestens 300 kg ausüben. Auch alle späteren Versuche ergaben, daß man mit den auf Schienen laufenden elektrischen Treidellokomotiven mit einem Traktionskoeffizienten von  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{7}$  mit voller Sicherheit für alle

<sup>1)</sup> Klingenberg, Elektrotechn. Zeitschr., Berlin 1899, Heft 31.

Witterungsverhältnisse rechnen kann. Der Wirkungsgrad der Lokomotive betrug etwa 60%. Ermutigt durch diesen Erfolg stellte die Siemens & Halske A.-G. auf der Weltausstellung in Paris 1900 eine aus Fig. 26 er- kennliche neue Lokomotive Köttgenscher Bauart aus, die mit einigen wesentlichen Verbesserungen gegenüber der ersten Type versehen war. Zunächst erhielt die Lokomotive den zu jener Zeit im Straßenbahnbetrieb üblich gewordenen getrennten Antrieb der beiden Achsen durch je einen 9 PS leistenden Gleichstrommotor. Ihr Gesamtgewicht von 2500 kg wird so für die Adhäsion voll ausgenutzt. Da es sich ferner als wünschenswert ergeben hatte, das Zugseil gelegentlich an der Lokomotive hochnehmen zu können, wenn Hindernisse sich dem Seil entgegenstellten, so wurde das Seil durch einen Rotations-trichter geführt, der an einem Mast von etwa 2 m Höhe vom Führer mittels eines Handhebels ohne Fahrtunterbrechung auf- und abgeschoben werden konnte. Schließlich erhielt der Führer auch noch eine Wickeltrommel, auf die er mittels Handrades das Zugseil aufwickeln konnte, um je nach Bedarf den Abstand zwischen Lokomotive und Schiff während der Fahrt verändern zu können. Diese Lokomotive war zur Einführung auf dem Kanal von St. Denis bestimmt, infolge geschäftlicher Umstände kam sie jedoch nicht in Betrieb.

In dem im Januar 1902 von der Teltowkanal-Bauverwaltung in Berlin-Wilmersdorf ausgeschriebenen Wettbewerb von Entwürfen für die Einführung des elektrischen Schiffszuges am Teltowkanal, erhielt die Siemens & Halske A.-G. den ersten Preis auf die von ihr im wesentlichen in der Pariser Bauart vorgeschlagenen Lokomotive System Köttgen, deren Einführung bald darauf prinzipiell beschlossen wurde. Unter Mitwirkung der Herren Havestadt, Sievers und Block von der Teltowkanal-Bauverwaltung bildeten die Siemens-Schuckertwerke die Köttgensche Lokomotive für die besonderen Verhältnisse des Teltowkanals um und so entstand das jetzige, für den Teltowkanal ausgeführte Lokomotivsystem. Der Teltowkanal, der die dichtbevölkerten südlichen Vororte von Berlin durchzieht, macht es notwendig, daß fast an jeder beliebigen Stelle des Kanals das Lösch- und Ladegeschäft vollzogen werden kann. Er ist fast ebenso sehr Hafen als Kanal. Infolgedessen mußte ganz besondere Sorgfalt auf diejenigen Einrichtungen verwandt werden,



Fig. 28. Treidellokomotive 1905/06 für den Betrieb am Teltowkanal.

welche das Durchführen des Schleppzuges ohne Behinderung des Lösch- und Ladeverkehrs gestatten. Es wurde daher gefordert, daß das Seil an der Lokomotive vom Führerstand aus mindestens 3,5 m über S. O. gehoben werden könnte. Da ein fester senkrechter Mast von solcher Höhe die Durchfahrt der Lokomotiven unter den Brücken verhindert hätte, so kam ein aufrichtbarer Treidelmast zur Anwendung, der nun aber nicht mehr von Hand betätigt werden konnte, sondern durch einen kleinen vom Führerstand aus zu regelnden Hilfsmotor angetrieben wurde. Ebenso erhielt die Seilwickelvorrichtung zur Veränderung des Abstandes zwischen Lokomotive und Schleppzug elektrischen Antrieb durch einen zweiten Hilfsmotor. Diese beiden Vorrichtungen haben sich bei den späteren Versuchen als besonders brauchbar erwiesen. Weiter aber erforderte die gelegentliche hohe Lage des Zugseiles besondere Maßnahmen



Fig. 29. Treidellokomotive am Teltowkanal, 1905/06.

tung. Da nun der auf dem Teltowkanal zu erwartende große Verkehr von vornherein dazu zwang, auf beiden Ufern des Kanals Gleise anzulegen, und jede Lokomotive im regelmäßigen Turnus die Schleppzüge auf dem einen Kanalufer in der einen Richtung und auf dem anderen Ufer in der entgegengesetzten Richtung schleppen sollte, so konnte man von der bisherigen, in bezug auf Fahrtrichtung symmetrischen Bauart zur unsymmetrischen Ge-



Fig. 30. Ansicht des Kraftwerkes für die Energieverteilung und den Treidelbetrieb am Teltowkanal.

zur Sicherung der Standfestigkeit der Lokomotive. Mit der Verlegung des Hauptgewichtes der Lokomotive auf die Landschiene allein war es nicht getan. Die geforderte Zugkraft von 1000 kg am Hebelarm von 3,5 m Länge über SO. angreifend, forderte auch eine Sicherung der Standfestigkeit der Lokomotive in ihrer Längsrich-

wichtsverteilung übergehen. So entstand die in Fig. 27 dargestellte Lokomotive, die im Jahre 1903 eingehenden Versuchen an einer 1,3 km langen Strecke des Teltowkanals unterzogen wurde.<sup>1)</sup> Das Ergebnis dieser Versuche war, daß die Teltowkanal-Bauverwaltung endgültig die Einführung des Lokomotivsystems der Siemens-Schuckertwerke beschloß. In den Jahren 1905 und 1906 wurden die gesamten elektrischen Anlagen des Teltowkanals hergestellt, der elektrische Schiffszug ist seit Anfang 1907 auf dem ganzen Kanal durchgeführt. Die Fig. 28 bis 30 zeigen verschiedene Bilder von der fertiggestellten Anlage.<sup>2)</sup> Der Güterverkehr ist noch ziemlich schwach und beträgt zurzeit selten mehr als 70000 t monatlich; er hat aber mit dem aus meist ungelerten Arbeitern bestehenden Führerpersonal ohne jede Störung anstandslos bewältigt werden können. Die wichtigste Frage, ob es tatsächlich genügt, den Lokomotiven nur einen einzigen Bedienungsmann zu geben, ist durch den Betrieb am Teltowkanal bejahend beantwortet. Die Schiffer



Fig. 31. Bugwelle eines vom Ufer aus geschleppten Lastschiffes.

<sup>1)</sup> Block, Glasers Annalen, Berlin 1904, S. 104 u. ff.

<sup>2)</sup> Block, Elektrotechnische Zeitschr., Berlin 1906, Heft 22—25.



Fig. 32. Heckwelle eines kleinen Motorbootes.

wurden mit der neuen Betriebsweise schnell vertraut. Weiter hat sich auch gezeigt, daß es bequem möglich ist, das Schleppseil über am Ufer liegende, auch unbeladene Kähne hinwegzuführen, ohne daß der Führer die Fahrt zu unterbrechen oder auch nur die Geschwindigkeit zu vermindern hätte. Ferner sind die guten Ergebnisse in bezug auf die Wellenbildung der Lastschiffe beachtenswert. Bei allen Fahrgeschwindigkeiten, auch bei einer versuchsweisen Steigerung derselben bis auf fast 7 km/St. war von einer irgendwie schädlichen, durch die geschleppten Schiffe hervorgerufenen Wasserbewegung nichts zu merken. Fig. 31 läßt die Bugwelle beim Treideln vom Ufer aus erkennen — hinter dem Schleppzug ist eine Wasserbewegung kaum noch photographisch wiederzugeben — und Fig. 32 im Gegensatz dazu die Bewegung des Wassers, die hinter einem kleinen Motorboot bei etwa 7 km/St. Fahrgeschwindigkeit infolge des Zurückstoßens des Wassers durch die Schiffsschraube eintritt. Die Schonung der Kanalsohle und Böschungen ist ein besonderer Vorteil des Schiffszuges vom Ufer aus. Ein anderer mit diesem Betrieb verbundener Vorteil ist die fast unerwartet gute Steuerfähigkeit der Schiffe. Durch die schräge Richtung des Zugseiles wird eine zum Lande hin drängende Kraft auf das Schiff ausgeübt. Dieser Kraft muß der Schiffer durch ziemlich weites Auslegen des Ruders zum Lande hin begegnen, das allerdings den Schiffswiderstand etwas vergrößert, dafür aber das Schiff ständig unter der Einwirkung des Ruders hält. Anders beim Schleppbootbetrieb. Bei diesem wird das Ruder immer erst dann ausgelegt, wenn das Schiff aus seiner Fahrt abweicht. Nun vergeht eine gewisse Zeit, bis das Schiff dem Ruder gehorcht. Infolgedessen wird in der Regel das Ruder zu weit ausgelegt, das Schiff weicht nach der anderen Seite ab und pendelt so gewöhnlich etwas um die Fahrriichtung hin und her. Beim Schiffszug vom Ufer wird die Aufmerksamkeit des Steuermannes viel weniger in Anspruch genommen. Havarien sind seltener als beim Schleppbootbetrieb. Endlich ergab der Betrieb am Teltowkanal, daß die Fahrgeschwindigkeit der Schleppzüge beim Begegnen nicht verringert zu werden brauchte. Wenn schleppende Boote einander begegnen, so müssen sie rechtzeitig ihre Geschwindigkeit vermindern, da sonst in dem von den beiden Propellern stark bewegten Wasser die Steuerung beider Schleppzüge nicht mehr durchführbar ist.<sup>1)</sup> Für den Dortmund-Ems-Kanal ist die Verringerung der Fahr-

geschwindigkeit beim Begegnen zweier Schleppzüge schiffahrtspolizeilich vorgeschrieben. Beim Schiffszug vom Ufer aus fällt die Wellenbewegung fort und die Schleppzüge konnten am Teltowkanal mit der vollen Fahrgeschwindigkeit von etwa 4,5 km/St. ohne jede Gefährdung aneinander vorbeifahren. Bei eigens zu diesem Zweck angestellten Versuchen konnte die Geschwindigkeit beider Schleppzüge beim Begegnen ohne Schwierigkeit sogar auf über 5 km/St. gesteigert werden. Hierin liegt insofern eine wohl zu beachtende Überlegenheit der Treidelei vom Ufer aus über den Schleppbootsbetrieb, als der einmal in Fahrt befindliche Schleppzug seine Geschwindigkeit dauernd unverändert beibehalten kann. Dagegen verliert das von Schleppbooten gezogene Schiff, das bei jeder Begegnung seine Geschwindigkeit verringern muß, um so mehr an effektiver Reisegeschwindigkeit, je größer der Verkehr auf dem Kanal ist. Beispielsweise sinkt bei einem halbstündigen Zugabstand, der freilich einem sehr dichten Verkehr entsprechen würde, die effektive Reisegeschwindigkeit von 4,5 auf 3,97 km/St., wenn bei jeder Begegnung die Fahrgeschwindigkeit der Schleppzüge von 4,5 auf 2,5 km/St. vermindert werden muß. Umgekehrt folgt in diesem Falle allein aus dem Treideln vom Ufer aus eine Erhöhung der effektiven Verkehrsleistung um etwa 11 %.

In wirtschaftlicher Hinsicht lassen sich die Ergebnisse der Anlagen des Teltowkanals noch nicht überblicken. Die für etwa 2 000 000 t Jahresverkehr berechnete Anlage ist jetzt noch nicht genügend ausgenutzt. Vermutlich werden übrigens die spezifischen Anlage- und Betriebskosten des elektrischen Schiffszuges am Teltowkanal infolge der unmittelbaren Nähe der Großstadt Berlin höher sein, als sie auf dem vorwiegend ländliche Distrikte durchschneidenden Kanälen sein können. Die Lokomotiven aber des Teltowkanals haben sich in wirtschaftlicher Hinsicht durchaus bewährt. Es sind bei ihnen<sup>1)</sup> im praktischen Betrieb Wirkungsgrade von durchschnittlich 76 % festgestellt worden, eine Zahl, die höchstens um einige wenige Prozente noch wird gesteigert werden können. Denn die Energieverluste im

<sup>1)</sup> Block, Glasers Annalen, Berlin 1906, S. 212 u. ff.

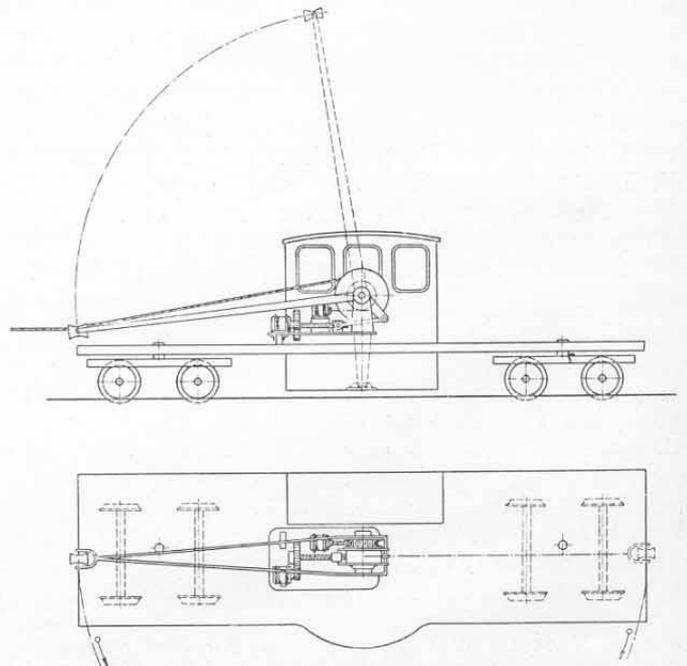


Fig. 33. Treidellokomotive System Siemens-Schuckert in symmetrischer Bauart.

<sup>1)</sup> Sympher, Die wirtschaftliche Bedeutung des Rhein—Elbe—Kanals, Berlin 1899, Anlage 15.

Motor unter 10% und diejenigen in dem Triebwerk der Lokomotive ebenfalls unter 10% zu bringen, wird schwerlich gelingen.

Am Teltowkanal konnten, wie erwähnt, die Lokomotiven in bezug auf die Fahr- richtung unsymmetrisch gebaut werden, weil sie stets in derselben Fahr- richtung von einem zum andern Kanalufer im Kreislauf verkehren. Auch brauchten sie nur ein einziges angetriebenes Drehgestell zu erhalten, weil bei einer Nutzbelastung von 1200 t eine Geschwindigkeit von nur 4 km/St. vorgeschrieben war. Neuere Berechnungen haben jedoch ergeben, daß die wirtschaftlichste Geschwindigkeit unter Berücksichtigung nicht nur der Schleppgebühren, sondern auch der gesamten Frachtgebühren höher, nämlich bei 5 km/St. liegt. Bei dieser Geschwindigkeit aber benötigt die Lokomotive annähernd die doppelte Leistung, da bekanntlich der Schiffswiderstand im begrenzten Kanalwasser, mit annähernd der zweiten, die Leistung also mit der dritten Potenz der Fahrgeschwindigkeit zunimmt. Um diese doppelte Leistung zu erreichen und gleichzeitig auch die Lokomotive zu befähigen, sofort von der Lastfahrt in der einen Richtung zur Lastfahrt in der anderen Richtung überzugehen, haben die Siemens-Schuckertwerke ihre Lokomotiven neuerdings in der durch Fig. 33 gekennzeichneten symmetrischen Bauart ausgebildet. Die Lokomotive erhält zwei gleich starke Drehgestelle oder auch zwei gleiche, festgelagerte Triebachsen, die zusammen die doppelte Zugleistung der Teltowkanaltype abgeben können. Die Vorrichtung zum Erhöhen und Aufwickeln des Seiles wird derart auf dem Schleppmittel angeordnet, daß das Seil nahezu den ganzen nach dem Wasser zu gelegenen Winkelraum von 180° bestreichen kann. Die bewährte Mehrbelastung der landwärts gelegenen Schiene wird zur Erhöhung der Standfestigkeit der Lokomotive beibehalten. Eine derartige Lokomotive kann auch auf Kanälen mit Gleis auf nur einer Uferseite bequem zu dem schon erörterten Pendelbetrieb verwendet werden. Zudem wird sie dadurch, daß sie sofort von der Vorwärtsfahrt zur Rückwärtsfahrt übergehen kann, sich beim Steuern der Schiffe an Kanalkrümmungen, Wendehäfen usw. als besonders nützlich erweisen.

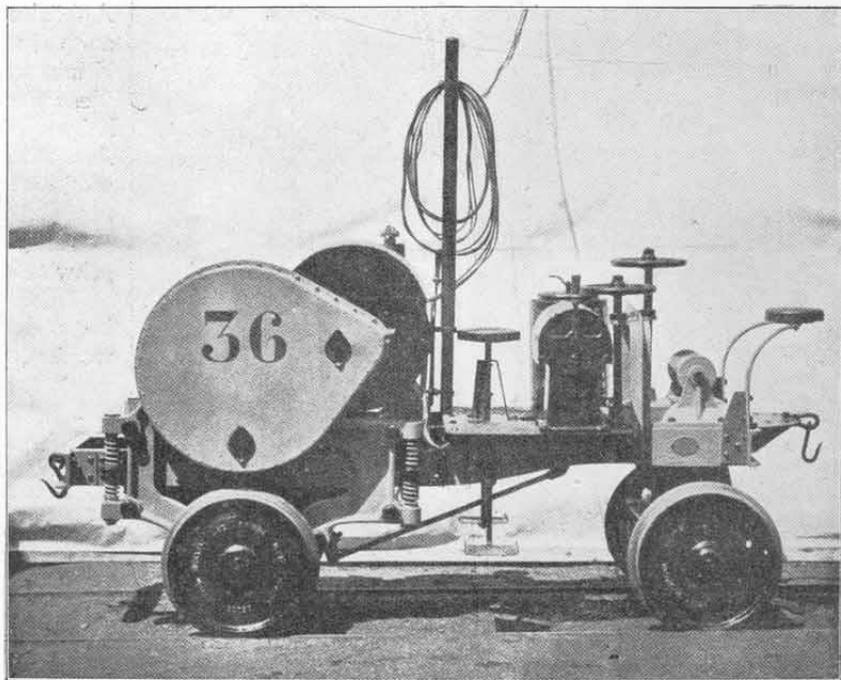


Fig. 34. Treidellokomotive System Gerard auf Schienen, 1902.

Die offensichtlichen Vorzüge, die das Vignolegleis für den Betrieb der Treidelei bietet, werden durch die Praxis der letzten Jahre an mehreren Stellen bestätigt. Gerard<sup>1)</sup> wies 1902 nach dem Mißerfolg seiner vier- rädri- gen Automobile — vgl. oben S. 13 — auf die Vorzüge der auf Schienen laufenden Treidel- lokomotiven hin und baute die Automobile in der in Fig. 34 dargestellten Form für den Betrieb auf Schienen um. Im Jahre 1904 führte die Société d'Electricité du Nord in Douai, die Nachfolgerin von Denèfle & Co., ihre erste auf zwei gleichen Schienen von je 20 kg/m Gewicht laufende Lokomotive von 8 t Gewicht auf einer 6 km langen Strecke zwischen Douai und Auby ein. Von Chanay, dem Direktor dieser Gesellschaft, ist die in Fig. 35 dargestellte besonders einfache Lokomotive entworfen, die jetzt zur allgemeinen Einführung an dem Kanalsystem der Sensée, Scarpe, Aire und Deule gelangt ist. Sie ist in den beiden Hauptrichtungen symmetrisch gebaut, die beiden Achsen werden von je einem 20 PS Gleichstrommotor für 550 Volt angetrieben. Vorn und hinten kann das Zugseil in solcher Weise befestigt werden, daß die Zugkraft stets durch die Schwerachse der Lokomotive gerichtet ist. Infolgedessen ist die Lokomotive gut zur Durchführung des Pendelbetriebes auf einem einzigen Gleis befähigt, zu dem sie bisher ausschließlich verwendet wird. Einrichtungen zum Heben und zum Auf- und Abwickeln des Zugseiles besitzt die Lokomotive nicht, dies deshalb, weil der Schleppbetrieb sich unter wesentlich einfacheren Verhältnissen vollzieht, als am Teltowkanal. Die Schiffe fahren mit einem bis 7,0 m über Wasserspiegel ragenden Treidelmast, der an jeder der durchschnittlich mit 8 km Abstand — etwa 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> St. Fahrzeit — sich folgenden Brücken niedergelegt wird. Die Aufbauten der leeren Schiffe ragen bis 3,7 m über den Wasserspiegel hervor. Das Zugseil greift an der Lokomotive in 1,4 m Höhe über Schienenoberkante an, die wieder 1,5 m über Wasserspiegel liegt. Daher geht das vom Schiff (7,0 m) zur Lokomotive (2,9 m über Wasserspiegel) reichende Zugseil auch über leer am Ufer liegende Kähne hinweg. Dabei liegen Kähne nur aus-

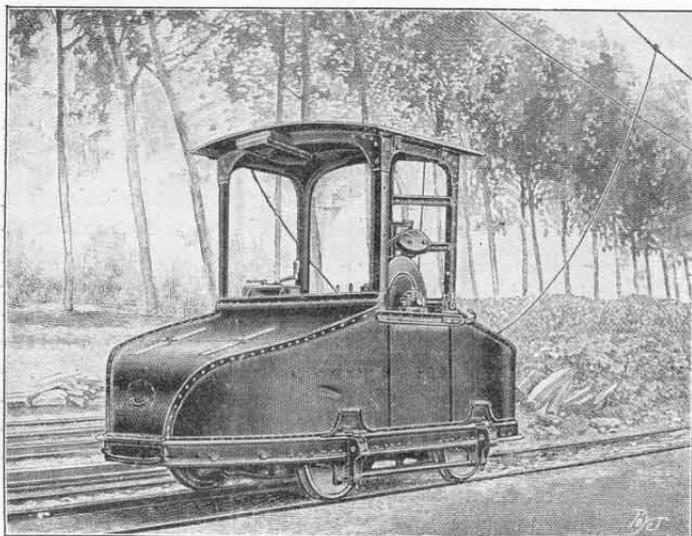


Fig. 35. Treidellokomotive System Chanay, 1904.

<sup>1)</sup> Gerard, Bericht zum X. int. Schifffahrtkongreß, Düsseldorf 1902.

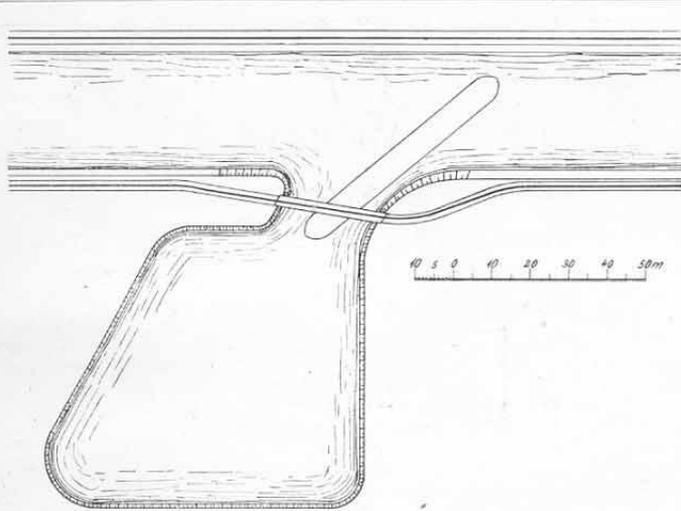


Fig. 36. Vom Kanal abgezwiegender Hafen.

nahmweise am Ufer fest, denn jeder Kanal-anlieger, der einen stärkeren Lös- und Ladeverkehr erwartet, ist verpflichtet, sich einen vom Kanal durch einen überbrückten Zugang abgezwiegtten Hafen anzulegen. Die Lokomotiven vermögen zwei bis drei Boote von 300 t Tragfähigkeit mit fast 3 km/St. Fahrgeschwindigkeit zu schleppen. Sie haben sich bisher so bewährt, daß die wenigen noch in Betrieb befindlichen »elektrischen Pferde« — vgl. oben S. 13 — an dem nordfranzösischen Kanalsystem bald ganz verschwunden sein werden. Zurzeit wird die Schienenanlage stark erweitert. Ende dieses Jahres werden auf 55 km Gleis 72 Chanaysche Loko-

Adhäsionslokomotiven auf gewöhnlichen Vignolegleisen auch in Nordamerika erprobt worden, so am Miami-Eriekanal<sup>1)</sup> und jüngst am Lehighkanal, Penns.<sup>2)</sup>, wo sich diese normalen elektrischen Lokomotiven den mit künstlicher Adhäsion arbeitenden wesentlich überlegen zeigten. Am Miami-Eriekanal sollen mittels der 25 t schweren, vollkommen symmetrisch gebauten Lokomotiven, deren beide Achsen durch je einen 80 PS-Drehstrommotor angetrieben wurden, zehn mit je 80 t beladene Boote mit Geschwindigkeiten bis zu 16 km/St. geschleppt worden sein.

Den einfachen Adhäsions-Treidelokomotiven kann im wesentlichen nur ein einziger Nachteil nachgesagt werden, nämlich der, daß an stark frequentierten Lös- und Ladeplätzen die Fahrleitung und das Zugseil das Lös- und Ladegeschäft hindern. Diese Schwierigkeit ist aber, wie die Erfahrung lehrt, nicht unüberwindlich. Wo gelegentlich ein am Ufer liegendes Schiff den Schleppzug behindert, wird die Seilhebevorrichtung der Siemens-Schuckert-Lokomotive genügen, den Schleppzug ohne Fahrtunterbrechung durchzuführen. Wo, wie z. B. bei Berg- und Hüttenwerken, von vornherein ein starker Lös- und Ladeverkehr zu erwarten ist, empfiehlt es sich, diesen in einen besonderen Hafen zu verlegen, der in der in Fig. 36 ersichtlichen Weise vom Kanal getrennt ist. Zur glatten Betriebsführung sollte bei neuen Kanälen von dieser Trennung der Häfen — ganz unabhängig von dem gewählten Schiffszugsystem — möglichst weitgehender Gebrauch gemacht werden. Wo sie aber nicht durchführbar ist, wird man eins der in Fig. 37 und 38 gekennzeichneten, ohne weiteres verständlichen Mittel zur Erleichterung des Lös- und Ladeverkehrs mit geringen Kosten anwenden können.

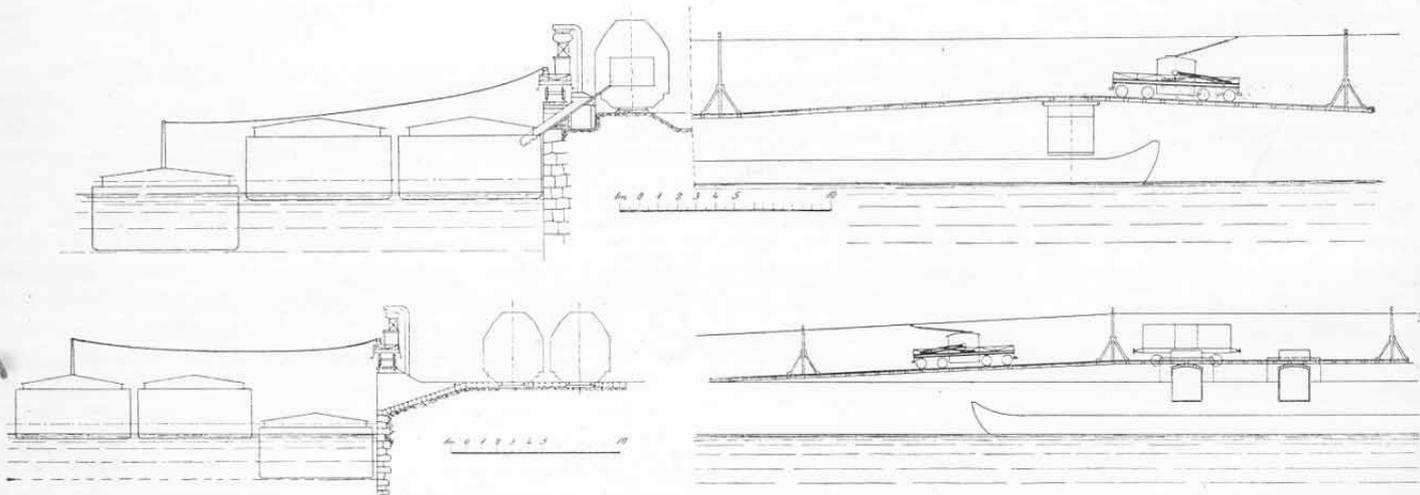


Fig. 37. Lös- und Ladevorrichtungen bei elektrischen Treidelanlagen.

motiven im Betrieb sein, um einen Jahresverkehr von 3 bis 4 000 000 t zu bewältigen. Wird diese Verkehrsziffer überschritten, so muß zur Anlage eines Gleises auf dem zweiten Kanalufer geschritten werden. Der Wirkungsgrad der Lokomotiven ist zu durchschnittlich 67% festgestellt. Der Gesellschaft ist ein fester Tarif von der französischen Regierung vorgeschrieben worden, nämlich 0,4 cts/tkm für die Bergfahrt und 0,35 cts/tkm für die Talfahrt. Trotz dieser niedrigen Sätze soll die Treidelei gute finanzielle Ergebnisse bringen. Das einfache Gleis gestattet auch das gleichzeitige Treideln mit Pferden. Gleichwohl wird durch die schneller und billig schleppenden Lokomotiven die Pferdetreidelei immer mehr zurückgedrängt.

Mit demselben guten Erfolg wie auf dem Teltowkanal und den nordfranzösischen Kanälen sind einfache

## 5. Die elektrischen Einzelheiten.

In allen vorstehenden Ausführungen ist mit Absicht auf die elektrischen Einzelheiten der Schiffszuganlagen nicht eingegangen. Denn diese werden nicht typisch durch die Anforderungen des Schiffszuges bedingt, sondern richten sich nach den allgemein für elektrische Bahnanlagen üblichen Gesichtspunkten. Je nach den örtlichen Verhältnissen kann man Gleichstrom, Drehstrom oder auch Einphasenstrom zum Betrieb der Schleppmittel benutzen. In der Regel wird allerdings dem Gleichstrom der Vorzug zu geben sein. Die von ihm ge-

<sup>1)</sup> Electrical World and Engineer, New York 1902, S. 804 u. ff. und Zentralblatt der Bauverwaltung, Berlin 1902, S. 172.

<sup>2)</sup> Stillwell und Putnam, Proc. Am. Inst. El. Eng., New York, März 1908.

speisten Motoren besitzen bei gleich geringem Gewicht den besten Wirkungsgrad und gestatten mit einfachen Mitteln eine Änderung ihrer Drehzahl in weiten Grenzen. Auch in welcher Form die Energie erzeugt wird, ob man längs des Kanals einige wenige große Zentralen errichtet und von diesen aus den Strom in Hochspannungsleitungen zu geeignet verteilten Umformerwerken führt, die ihn in die für den ganzen Kanalbetrieb jeweilig zweckmäßigste Form umwandeln, oder aber nur für den Betrieb der Treidelei einzelne in Abständen von rd. 20 bis 30 km sich folgende kleine Dampfzentralen errichtet, hängt ganz von den örtlichen und wirtschaftlichen Verhältnissen ab. Bei neuen Kanälen wird es sich empfehlen, zunächst letztere Methode anzuwenden und erst dann, wenn die wirtschaftliche Entwicklung des ganzen Kanalgebietes zu übersehen ist, die Frage zu entscheiden, in welcher Form die Versorgung dieses Gebietes mit elektrischer Energie geschehen soll. In solchem Fall wird man die kleinen Dampfzentralen derart ausbilden, daß sie nachträglich an das einheitlich ausgebildete elektrische Verteilungsnetz angeschlossen werden können.

#### IV. Schlusfolgerungen.

Die mitgeteilten Ergebnisse der verschiedenen elektrischen Schiffszugsysteme lassen folgendes erkennen:

Der Schiffszug vom Lande aus ist dem Schleppbootsbetrieb in der Regel überlegen. Er verbraucht weniger Energie, er benötigt nur je einen Schleppmittelführer, er schont die Kanalböschungen und -Sohle, er erleichtert die Steuerung der Schiffe und erhöht die effektive Reisegeschwindigkeit.

Bei den die Schiffe vom Ufer aus treidelnden Schleppmitteln sind die einfachen auf Vignoleschienen laufenden Adhäsionslokomotiven allen übrigen Systemen in bezug auf Anlage- und Betriebskosten sowie Einfachheit der Betriebsführung überlegen. Ihr auf Schwellen in den Treidelpfad eingebettetes Gleis behindert den Verkehr auf diesem in keiner Weise, auch nicht den gleichzeitigen Verkehr von Lokomotiven und Treidelpferden. Das normale Gleis kann leicht für beliebige Transportzwecke benutzt werden, z. B. bei Vereisung und Reparaturen des Kanals. Die Nachteile, die gelegentlich Zugseil und Fahrleitung bereiten könnten, sind, wie die Erfahrung lehrt, durch geeignete Sonderkonstruktionen zu überwinden.

Das eben Gesagte gilt im wesentlichen nur für die großen durchgehenden Kanalstrecken mit ausreichend breiten Treidelpfaden. Wo diese fehlen und doch viele Lastschiffe über längere Kanalstrecken zu schleppen sind, wird man bestrebt sein müssen, geeignet durchgebildete elektrische Schleppboote anzuwenden. Die bisherigen Versuche lassen vermuten, daß man, sobald das Bedürfnis vorliegt, zu Konstruktionen solcher Boote gelangen wird, die den betriebstechnischen Anforderungen des geregelten Schiffszuges entsprechen. Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit elektrisch betriebener Schleppboote liegen allerdings zurzeit noch zu wenig Versuchs- und Rechnungsergebnisse vor, doch kann vermutet werden, daß bei billiger Energieerzeugung der elektrische Bootsbetrieb gegenüber anderen Bootssystemen durchaus konkurrenzfähig ist.

Für besondere Fälle, z. B. für Kanaltunnel und diejenigen Kanalstrecken, an denen die Lösch- und Ladestellen sich in dichter Folge häufen, ist von Fall zu Fall zu untersuchen, mit welchem Schleppsystem man den örtlichen Verhältnissen am besten entspricht. In der Regel wird man dort zweckmäßig Lokomotiven an-

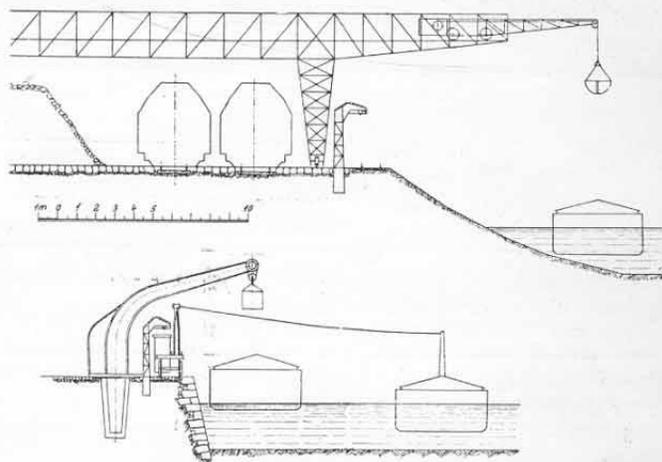


Fig. 38. Lösch- und Ladevorrichtungen bei elektrischen Treidelanlagen.

wenden, die mit künstlicher Adhäsion oder mit Zahnradern od. dgl. arbeiten und deren Laufbahn man an die Tunneldecke anbaut oder als Hochbahn längs des Treidelpfades führt. In Ausnahmefällen kann für kurze Strecken auch ein Wanderseil sich bewähren.

Die schließlich ausschlaggebende Frage, welches von allen bisher untersuchten Systemen das wirtschaftlichste ist, läßt sich nicht in einfacher Weise beantworten. Ein und dasselbe Schiffszugssystem kann unter veränderten Betriebsbedingungen ganz verschiedene Selbstkosten verursachen, die sich um das Doppelte, ja Fünffache unterscheiden. Es müssen daher alle diejenigen Zahlen mit großer Vorsicht aufgenommen werden, die irgend einem Treidelssystem eine bestimmte Höhe der spezifischen Selbstkosten zusprechen. Wirklich maßgebende Vergleiche lassen sich nur dann anstellen, wenn für dieselbe Kanalstrecke unter denselben Betriebsbedingungen die Selbstkosten der verschiedenen Systeme ermittelt werden. Eine derartige Untersuchung ist vor kurzem von den Herren Sympher, Thiele und Block vom preußischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten veröffentlicht worden.<sup>1)</sup> Diese Herren haben für die Strecke Crange (Gelsenkirchen)—Hannover des im Bau befindlichen Rhein-Hannover-Kanals für eine Länge von 267 km, die drei Schleusen enthält, die Treidelselbstkosten von fünf verschiedenen Treidelsystemen *et. par.* untersucht, nämlich von Dampfselbstfahrern, Sauggas-selbstfahrern, elektrischen Selbstfahrern und dem Schleppen von je zwei Lastschiffen durch Dampfschleppboote und durch Lokomotiven System Siemens-Schuckert. Den Untersuchungen sind für alle Systeme zwei verschiedene Fahrgeschwindigkeiten, nämlich 5 und 7 km/St., zugrunde gelegt. Das Ergebnis ist in umstehender Tabelle zusammengestellt, die zu zwei sehr beachtenswerten Folgerungen führt: erstens, daß für die angenommenen Betriebsverhältnisse auf der genannten Kanalstrecke die Selbstfahrer in fast allen Fällen erheblich höhere Frachtkosten bedingen, als die geschleppten Lastschiffe; zweitens, daß die tatsächlichen Frachtkosten beim Betrieb mit geschleppten Lastschiffen von den Liegezeiten, die die Lastschiffe und Schleppmittel beim Lösch- und Ladegeschäft an den Schleusen usw. notwendigerweise haben müssen, viel mehr abhängt, als von dem Schleppsystem und der Fahrgeschwindigkeit. Durch Abkürzung der Liegezeiten von zehn Tagen für das vollbeladene, sechs Tagen für das  $\frac{1}{5}$  beladene Lastschiff und zwei Tagen für das Dampfschleppboot, auf drei bzw. zwei bzw. 0 Tage können die gesamten Frachtkosten um 52 bis 74% ermäßigt

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Bauwesen, Berlin 1907.

Frachtkosten in Pf./tkm für Massengüter — ohne Abgaben und Nebenkosten — auf der Strecke Crange (Gelsenkirchen)-Hannover (267 km).

	Dampf-Selbstlader		Sauggas-Selbstlader		Elektrischer Selbstlader		Zwei Kähne vom Dampfer geschl.		Elektrische Treidelei			
	Tagesbetrieb Pf./tkm	Tag- u. Nachtbetrieb Pf./tkm	Tagesbetrieb Pf./tkm	Tag- u. Nachtbetrieb Pf./tkm	Tagesbetrieb Pf./tkm	Tag- u. Nachtbetrieb Pf./tkm	Tagesbetrieb Pf./tkm	Tag- u. Nachtbetrieb Pf./tkm	Anfangs-Verkehr		Entwickl.-Verkehr	
									Tagesbetrieb Pf./tkm	Tag- u. Nachtbetrieb Pf./tkm	Tagesbetrieb Pf./tkm	Tag- u. Nachtbetrieb Pf./tkm
10 bzw. 6 Tage Liegezeit 5 km/St. Fahrgeschwindigkeit 3 bzw. 2 Tage Liegezeit	0,728	0,784	0,754	0,806	1,056	1,059	0,619	0,644	0,647	0,678	<b>0,577</b>	0,608
10 bzw. 6 Tage Liegezeit 7 km/St. Fahrgeschwindigkeit 3 bzw. 2 Tage Liegezeit	0,447	0,444	0,463	0,456	0,721	0,665	0,400	<b>0,368</b>	0,473	0,470	0,403	0,400
10 bzw. 6 Tage Liegezeit 7 km/St. Fahrgeschwindigkeit 3 bzw. 2 Tage Liegezeit	1,022	1,047	—	—	—	—	0,754	0,796	0,783	0,803	<b>0,633</b>	0,698
	0,568	0,541	—	—	—	—	0,471	<b>0,426</b>	0,556	0,572	0,451	0,467

werden, während die beiden verglichenen Schleppmittel für Lastschiffe nur Unterschiede von höchstens 20% bedingen und durch Steigerung der Geschwindigkeit von 5 auf 7 km/St. die Frachtkosten nur um höchstens 24% erhöht werden. Für das Treidelsystem der Siemens-Schuckertwerke ergibt sich der zahlenmäßige Nachweis, daß es bei den üblichen Liegezeiten die geringsten Frachtkosten und bei den abgekürzten Liegezeiten nahezu die geringsten Frachtkosten erfordert. Die Zusammenstellung zeigt aber auch, wie nochmals ausdrücklich hervorgehoben zu werden verdient, welche große Bedeutung für die Kanalschiffahrt die mit der Einrichtung des elektrischen Schiffszuges verbundene Verteilung der Elektrizität längs des Kanals besitzt; denn sie erst ermöglicht oder erleichtert wenigstens die Schaffung zweckmäßiger Einrichtungen (Krane u. dgl.), die die Lös- und Liegezeiten auf das wirtschaftlich notwendige Maß abzukürzen vermögen.

Den hier erörterten Fragen wird zurzeit — in Deutschland besonders mit Rücksicht auf den Betrieb des im Bau befindlichen Rhein-Hannover-Kanals und in Österreich wegen des geplanten Donau-Moldau-Kanals — ein großes Interesse entgegengebracht. Die wirtschaftlichen Folgen der Auswahl eines technisch geeigneten Systems rechtfertigen und fordern das Interesse aller beteiligten

Kreise. Die Fig. 39, die der Veröffentlichung von Sympher »30 Jahre deutscher Binnenschiffahrt 1875 bis 1905«<sup>1)</sup> entnommen ist, zeigt, daß zurzeit etwa der vierte Teil der gesamten deutschen Güterbewegung nämlich etwa 15 Milliarden Tonnenkilometer auf Wasserstraßen geleistet wird. Da die Frachtkosten der Binnenschiffahrt im Durchschnitt wohl etwa 1 Pf./tkm geringer sind als die der Eisenbahnen, so werden der deutschen Volkswirtschaft aus der Ausnutzung der Wasserstraßen jährlich rd. M. 150 Mill. unnötige Frachtausgaben erspart. Diese Zahl verdient Beachtung. Selbstverständlich fällt nur ein kleiner Teil der Güterbewegung auf den Wasserstraßen auf die Kanäle. Je vollkommener jedoch das Kanalnetz und der Betrieb auf demselben ist, um so größer wird der Anteil der Binnenschiffahrt an der allgemeinen Güterbewegung werden. Daß in technischer Hinsicht der elektrische Schiffszug den Anforderungen der deutschen Kanalschiffahrt genügen kann, beweisen die Anlagen am Teltowkanal. Daß er zahlenmäßig die geringsten oder nahezu geringsten Frachtkosten bedingt, lehnen die eingehenden Untersuchungen von Sympher. Die Vorteile, die die Elektrizität mittelbar dem Kanalbetriebe bringt, lassen sich nicht ziffernmäßig bewerten.

Den unlegbaren Vorzügen des elektrischen Schiffszuges stellen sich jedoch von seinem Wesen unabhängige Bedenken volkswirtschaftlicher Art entgegen. Der elektrische Schiffszug wird zweckmäßiger, wenn auch durchaus nicht notwendigerweise — die Anlagen in Nordfrankreich beweisen dies — nach staatlich geregelten Grundsätzen durch einen einzigen Unternehmer durchgeführt. Nur für einen derartig geregelten Betrieb gelten die Sympherschen Untersuchungen und nur durch ihn wird die Kanalschiffahrt zu einer fahrplanmäßigen, von Angebot und Nachfrage unabhängigen Beförderung ihrer Schiffe gelangen können, die die erhöhte Fahrgeschwindigkeit des elektrischen Schiffszuges erst auszunutzen gestattet. Daher vertreten die Verfechter des elektrischen Schiffszuges auch die Einführung eines staatlich geregelten Schleppbetriebes, wie er ja durch § 18 des preussischen Wasserstraßengesetzes für den Rhein-Hannover-Kanal schon festgelegt ist. Diesem Zwang, dem die Kanalschiffahrt unterworfen werden soll, widersetzen sich viele Wirtschaftspolitiker. Sie glauben nicht daran, daß durch den Zwang eine Verkehrsverbesserung herbeigeführt werden kann. Sie besorgen, daß, wenn der Staat selbst den geregelten Schleppbetrieb übernimmt und dann natürlich auch die Schlepptarife festsetzt, er diese nach seinem Ermessen aus Rücksichten, die dem Kanalbetrieb fremd sind, so gestalten könnte, daß die der Binnenschiffahrt aus dem Fortschritt der Technik sich bietenden

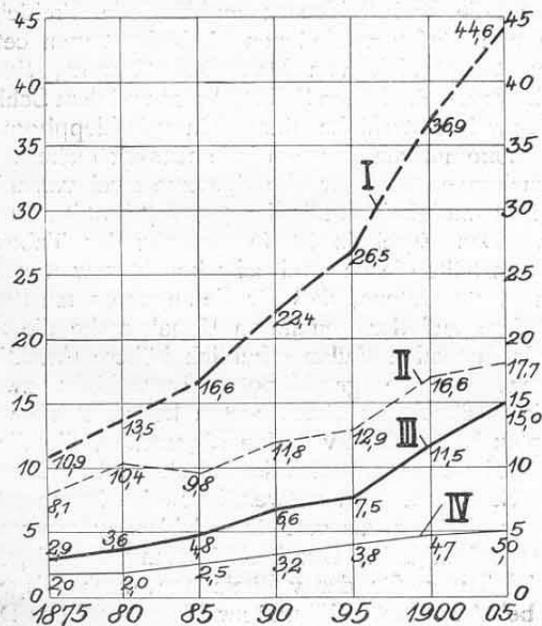


Fig. 39.

Güterbewegung in Deutschland und Frankreich von 1875 bis 1905.

I Deutsche Eisenbahnen. II Französische Eisenbahnen.  
III Wasserstraßen. IV Wasserstraßen.

1) Zeitschrift für Binnenschiffahrt, Berlin 1907, Heft 22.

wirtschaftlichen Vorteile wieder hinfällig würden. Sie befürchten auch soziale Gefahren aus der fortschreitenden Verstaatlichung großer Betriebe.

Es ist hier nicht der Ort, diese wirtschaftspolitischen Bedenken zu erörtern, obwohl sie unzweifelhaft ernste Beachtung verdienen. Es mag nur kurz darauf hingewiesen werden, daß in quantitativer Hinsicht die befürchteten Nachteile des Schleppmonopols oft überschätzt werden. Beispielsweise würden auf dem Rhein-Hannover-Kanal schon etwa 300 bis 400 Beamte und Arbeiter zur Durchführung des ganzen staatlichen Schleppbetriebes ausreichen. Die Kosten dieses Kanals betragen nach dem Gesetz vom Jahre 1905 rd. M. 250 Mill., während die Gesamtkosten des elektrischen Schiffszuges einschließlich der weit über den Treidelbedarf hinaus leistungsfähigen elektrischen Zentralen sich auf rd. M. 25 Mill. belaufen werden. Die Schleppkosten des monopolisierten Schiffszuges werden sicherlich weit geringer sein, als die Kanal-

gebühren, die zur Deckung der Kanalkosten aufgebracht werden müssen. Durch Festsetzung hoher Kanalgebühren könnte also eine kanalfeindliche Tarifpolitik viel leichter durchgeführt werden, als durch Erhöhung der Schleppgebühren. Zudem lehren die an französischen Kanälen gewonnenen Erfahrungen, daß die Kanalschifffahrt gern die ihr ohne Zwang gebotenen Methoden der organisierten Pferde- oder Lokomotivtreidelei annimmt und doch wohl dabei ihre Rechnung findet.

Wenn jetzt an den neuen Kanälen der elektrische Schiffszug in einheitlich geregelter Betrieb eingeführt werden soll, so wird allerdings der Einzelne sich Beschränkungen in der Benutzung der im allgemeinen Interesse geschaffenen Wasserstraßen auferlegen müssen, der Gewinn aber wird für alle den Kanal befahrenden Schiffe eine bisher unerreichte, gleichmäßig schnelle, pünktliche und zuverlässige Beförderung, ein technischer Fortschritt sein, dessen unsere Kanalschifffahrt dringend bedarf.