

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw.

3165

6
G 66
8

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297601

DER SCHIFFSZUG
AUF
WASSERSTRASSEN

VON
ROTHE



X
1.801

DER SCHIFFSZUG AUF WASSERSTRASSEN

VON
ROTHE,
REGIERUNGSBAUMEISTER.

F. B. 27697



92

BERLIN.
VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN.
1907.

115
566.8

DER SCHIFFSZUG

VON

WASSERSTRAßEN

VON

ROTHE

Alle Rechte vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

II 3165

Akc. Nr. 2919/49

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Erstes Kapitel. Einleitung	1
I. Eisenbahn und Wasserstrasse	1
II. Bedingungen für die Leistungsfähigkeit der Wasserstraßen	2
A. Regelmäßigkeit des Schiffsbetriebes	3
B. Feste Tarife für längere Zeiträume	3
C. Möglichste Schnelligkeit des Transportes	3
D. Niedrige Tarife	4
E. Freie Ufer	5
F. Schonung der Kanalwandung	5
G. Rücksicht auf die bestehenden Schifffahrtsverhältnisse	5
III. Mittel zur Erfüllung der aufgestellten Bedingungen	6
A. Einführung des Monopols	6
B. Einführung der Einzelschifffahrt	8
C. Anwendung des richtigen Schleppsystems	9
IV. Der Wettbewerb für die Einrichtung eines elektrischen Schiffszuges auf dem Teltow-Kanal	9
Zweites Kapitel. Die bisher auf den Binnenwasserstraßen angewendeten wichtigsten Arten des Schiffszuges	12
I. Der Schiffszug durch belebte Motore	13
A. Menschen	13
B. Pferde	13
II. Der Motor liegt im Schiff und seine treibende Kraft greift im Wasser an	15
A. Schrauben- und Raddampfer	16
B. Anwendung der Elektrizität	18
C. Vorrichtungen für flaches Wasser	20
III. Der Motor liegt im Schiff und seine treibende Kraft greift an einer Kette oder einem Drahtseil an	20
A. Betrieb mit Kette	20
B. Kette ohne Ende	23
C. Betrieb mit Zugseil	23
IV. Der Motor befindet sich auf dem Lande und zieht den Kahn mittels einer Treidcleine	24
A. Das elektrische Pferd	24
B. Dampflokomotiven	25
C. Elektrische Lokomotiven	25

	Seite
D. System Köttgen	27
E. „ Vering	34
F. „ Feldmann	35
G. „ Rudolph	36
H. „ Wood	37
I. „ Gerard-Clarke	37
K. „ Lamb	39
L. „ Thwaite-Cawley	40
V. Der Schiffszug erfolgt durch ein Wandertau, das von einer Zentralstation durch Maschinenkraft in dauernder Bewegung gehalten wird	40
A. Vorschlag von Rigoni	40
B. Französische Versuche und Ausführungen	42
C. Deutsche Versuche	43
VI. Vergleich der verschiedenen Arten des Schiffszuges	44
Drittes Kapitel. Der Schleppbetrieb mit Wandertau in seiner weiteren Ausgestaltung	53
I. Mängel der bisherigen Versuche mit Wandertau	54
II. Abänderungsvorschläge	56
III. Amerikanische Kabelbahnen	57
IV. Vergleich zwischen Kabelbahnen und Schleppeinrichtung mit Wandertau und Reibungsgreifer	60
V. Einrichtung des Schleppbetriebes mit Wandertau	61
VI. Vergleich zwischen Schleppzug mit Wandertau und Reibungsgreifer und mit elektrischen Schlepplokomotiven	62
Viertes Kapitel. Schlußfolgerungen	66

Erstes Kapitel.

Einleitung.

I. Eisenbahn und Wasserstrafse.

Der grofse Aufschwung von Handel und Industrie in den letzten Jahrzehnten und der dadurch gestiegene Wohlstand in allen Kulturstaaten ist zum grofsen Teil auf die Erleichterung und Verbilligung des Verkehrs infolge Ausgestaltung der Eisenbahnen zurückzuführen. Erst dadurch wurde ein schneller, billiger und sicherer Austausch der Güter, die Handel und Industrie brauchen, möglich. Es hat denn auch die Technik in unausgesetztem Bemühen an der Vervollkommnung der Eisenbahnen und ihres Betriebes gearbeitet, und das Ende dieser Entwicklung ist noch nicht abzusehen. Leider wurde, wohl wegen dieses ungeahnten Erfolges, dem uralten Verkehr auf den Binnenwasserstraßen unverhältnismäfsig viel weniger Aufmerksamkeit gewidmet. Fortschritte sind natürlich auch hier zu verzeichnen. Es wurden Schiffsgefäfsse und Wasserstraßen vergrößert, Schleusen und Ladeeinrichtungen verbessert, und die neueren Maschinen und sonstigen Hilfsmittel dem Binnenschiffahrtsverkehr dienstbar gemacht. Aber es waren immer nur Einzelheiten, die nicht zu einer einheitlichen Gestaltung der ganzen Betriebsart zusammengefaßt wurden. Insbesondere zeigt sich dieses bei der Fortbewegung der Schiffe; so hat sich neben dem neuzeitlichen elektrischen Schiffszug die alte Fortbewegung der Schiffe, das „Staken“ oder „Treideln“ durch Mensch und Tier bis heut weiter gehalten, wie es schon vor Jahrhunderten üblich war.

Erst neuerdings ist ein ganz wesentlicher Fortschritt gemacht: die elektrische Treidelei, wie sie z. B. am Teltowkanal ausgeführt ist. Damit dürfte ein Wendepunkt in der Betriebsweise der Binnenwasserstraßen eingetreten sein. Es ist fraglos, dafs hier nur ein Anfang vorliegt. Nach Fertigstellung der neuen Kanäle in Preußen wird hoffentlich eine Entwicklung der Betriebsweise und des Verkehrs eintreten ähnlich wie bei den Eisenbahnen. Der Anfang ist ja bereits in dem Gesetz über Herstellung und Ausbau der Wasserstraßen mit der Einführung des staatlichen Schleppmonopols für den Rhein-Weserkanal gemacht. In der Tat liegen die Grundlagen einer derartigen Entwicklung in der Natur der Wasserstraßen. Das beweist die grofse Steigerung des Verkehrs trotz Eisenbahn und trotz der bisher üblichen Betriebsart.

Es unterliegt ja auch keinem Zweifel, daß die Wasserstrafse in vielen Fällen billiger verfrachten muß, nämlich in den Fällen, wo es sich um Massengüter, besonders Rohmaterialien, handelt, wo es auf besondere Schnelligkeit der Beförderung nicht ankommt, und wo nicht ein mehrmaliges Umfrachten bis zum Endziel die an und für sich billige Wasserfracht zu Gunsten des Eisenbahntransportes wieder verteuert. Der Grund der Billigkeit liegt darin, daß der Wasserweg dem Transport weniger Reibungswiderstände bietet als jeder andere Weg, daß die Anschaffungskosten sowie die Abnutzung und damit die Unterhaltungskosten der Beförderungsmittel geringer sind, und daß der Anteil an Bedienungsmannschaft und an toter mitzubewegender Last, der auf die beförderte Nutzlasttonne entfällt, bei der Wasserfracht am kleinsten ist. Maßgebend sind in der Hauptsache doch immer die Frachtkosten, die die Wirtschaftlichkeit der Beförderungsart bestimmen. Hieran kann auch nichts geändert werden durch künstliche Gestaltung der Gebühren etwa durch Herabsetzung der Eisenbahntarife für Massengüter unter die Selbstkosten. Dies wäre unwirtschaftlich und daher dauernd nicht zu halten.

Es ist sicher, daß nach rationeller Gestaltung des Wasserstraßenbetriebes ein Teil des bisher von den Eisenbahnen bewältigten Verkehrs auf den Schiffsverkehr übergehen muß. Eine Benachteiligung der Eisenbahneinnahmen ist aber hierdurch noch längst nicht bedingt. Es ist ein alter erprobter Grundsatz, daß gute Verkehrswege Produktion und Handel beleben und den Verkehr steigern. Es werden deswegen auch leistungsfähige Wasserstraßen neue Verkehrsbedürfnisse wecken, und hieraus wird wieder die Eisenbahn Vorteil ziehen. Und so werden Eisenbahn und Wasserstraßen nebeneinander bestehen, und beide dem Verkehr, jede in den durch die Eigenart des Betriebes natürlich gegebenen Grenzen, dienen.

II. Bedingungen für die Leistungsfähigkeit der Wasserstraßen.

Es entsteht nun die Frage, welche Bedingungen erfüllt werden müssen, um eine Wasserstrafse leistungsfähig zu gestalten. Unter „Wasserstraßen“ sind dabei zunächst die Kanäle und mit gewissen Einschränkungen die kanalisierten Flüsse zu verstehen. Die freien Flußläufe dagegen nehmen eine besondere Stellung ein, da die Schifffahrt auf ihnen durch höhere und niedere Wasserstände, durch Veränderung der Fahrrinne infolge der Geschiebeführung usw. beeinflusst wird. Gegen diese Einflüsse höherer Gewalt ist aber die Technik vielfach machtlos. Jedenfalls kommen hier gegenüber den Kanälen andere Gesichtspunkte in Frage.

Die Bedingungen für die Leistungsfähigkeit, d. h. die Fähigkeit zur Erziehung des größtmöglichen Verkehrs, sind im wesentlichen folgende :

A. Regelmäßigkeit des Schiffsbetriebes. Darunter ist zu verstehen, daß bei der Beförderung der Frachten mit bestimmten Zeiten und Fristen gerechnet werden muß. Die Innehaltung von Lieferungsfristen spielt im kaufmännischen Betriebe eine gewichtige Rolle. Häufig wird der Geschäftsmann eine teurere Beförderungsart bevorzugen, wenn ihm die billigere nicht mit Sicherheit die Ankunft der Waren zu einem bestimmten Termine gewährleisten kann. Besonders kommt dies auch in Frage bei Frachten, die über See gehen sollen. Unzuverlässigkeit und unvorhergesehene Verzögerungen wirken lähmend auf den gesamten Geschäftsbetrieb und verteuern ihn.

B. Feste Tarife für längere Zeiträume. Zur Zeit werden die Tarife in der Hauptsache durch den verfügbaren Kahnraum bestimmt, schwanken demnach je nach Angebot und Nachfrage. Die freie Konkurrenz im Schifffahrtsbetriebe wirkt ja im allgemeinen günstig auf die Tarifgestaltung, indem sie die Gebühren niedrig hält. Trotzdem werden zu Zeiten größten Verkehrs, wo das Güterangebot groß ist, und wo es an Kahnraum fehlt, die Tarife auch in den schärfsten Konkurrenzzeiten in die Höhe gehen und gerade dann die Frachten am meisten belasten. Auch bestehen ja namentlich zwischen Schifffahrtsgesellschaften Tarifvereinbarungen, die die Vorteile der freien Konkurrenz wieder aufheben. Jedenfalls kommt durch diese Schwankungen in den Frachtsätzen eine gewisse Unsicherheit in den Verkehr, die dem realen Verlager zum Nachteil gereichen. Dieser wird auf eine zuverlässige Frachtkalkulation im Wettbewerb des Handels besonderen Wert legen müssen.

C. Möglichste Schnelligkeit des Transportes. Hierbei liegen die Verhältnisse im Schiffsverkehr ja wesentlich anders als bei den Eisenbahnen. Die Reisegeschwindigkeit eines Kahnens wird bestimmt durch die Fahrgeschwindigkeit auf freier Strecke, und durch den Aufenthalt, der durch Schleusungen, Kreuzungen, Bildung von Schleppzügen, Warten auf das Schleppmittel, Passieren von Häfen usw. veranlaßt wird. Die größte Fahrgeschwindigkeit, die wirtschaftlich gerechtfertigt ist, hängt — abgesehen von den Einflüssen, die verschiedene Geschwindigkeiten auf die Kanalwandungen haben, und die sich in den Unterhaltungskosten des Kanals ausdrücken — ab von der Ausnutzung des Kahnraumes und von den Zugkosten, die wiederum durch den Schiffswiderstand bedingt sind. Für letzteren ist maßgebend das Verhältnis des Kanalquerschnitts zum eingetauchten Schiffsquerschnitt und die Geschwindigkeit, und zwar letztere bekanntlich derartig, daß mit wachsender Geschwindigkeit der Widerstand annähernd im Quadrat zunimmt. Bei gegebenen Kanal- und Schiffsquerschnitten ist die wirtschaftliche Höchstgrenze der Schiffsgeschwindigkeit daher durch die Verzinsung nebst Tilgung des in Kahnraum und Schlepp-einrichtung angelegten Kapitals und durch die direkten Betriebskosten (Löhne, Kohlen usw.) bestimmt. Je nach den örtlichen Verhältnissen wird diese Grenze bei den üblichen Kanalabmessungen erfahrungs-

gemäß etwa bei 4—6 km stündlicher Geschwindigkeit liegen. Von dem Schleppmittel muß verlangt werden, daß es diese wirtschaftlich gerechtfertigte Geschwindigkeit mit Sicherheit erteilen kann.

Die oben erwähnten Aufenthalte, die die Reisegeschwindigkeit beeinträchtigen, sind durch die Bauart der Wasserstrasse, die Art und Grösse des auf ihr herrschenden Verkehrs und die Art des Schleppbetriebes bedingt. Sie lassen sich nicht beseitigen, sondern nur nach Möglichkeit einschränken. Dies geschieht in der Hauptsache durch eine genaue Regelung, so daß Stockungen und schädliche Anhäufungen von Kähnen an bestimmten Kanalstrecken vermieden werden. Vor allem dürfen die Kähne sich nicht gegenseitig im Fortkommen behindern. Es muß dafür gesorgt werden, daß jeder Schiffer sein Ziel ohne Rücksicht auf andere Fahrzeuge möglichst schnell erreichen kann. Es ist fraglos, daß dies beim Betriebe in längeren Schleppzügen nicht der Fall ist. Denn dies Bilden und Rangieren der Schleppzüge, das Loskuppeln eines Teilnehmers an einer bestimmten Kanalstelle, das Manövrieren mit langen Zügen bei Kreuzungen, an den Schleusen und Häfen verursachen Verzögerungen, denen die Einzelschiffahrt nicht ausgesetzt ist.

D. Niedrige Tarife. Maßgebend hierfür sind, abgesehen von den Kosten für den Kahnraum, die Schleppkosten für das beförderte Tonnenkilometer Nutzlast. Sie setzen sich zusammen aus den aufzuwendenden Summen für Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals, für Unterhaltung der Anlage einschließlich der erforderlichen Erneuerungsrücklagen und für die eigentlichen Betriebskosten (Kohlen, Löhne, Verwaltung u. dergl.). Sie hängen ausschließlich ab von der Einrichtung des Schiffszuges, müssen aber natürlich verschieden sein je nach der Beschaffenheit der Wasserstrasse und den verschiedenen örtlichen Verhältnissen, die in den Preisen für Anlage und Betrieb zum Ausdruck kommen. Es kann daher nicht ohne weiteres ein Schleppbetrieb als der allein richtige hingestellt werden, vielmehr werden für jede Wasserstrasse andere Voraussetzungen gelten. Aber es muß doch beachtet werden, daß für viele lange Strecken der vorhandenen und noch zu bauenden Kanäle die Verhältnisse so gleich liegen, daß hier derselbe gleichmäßige Schleppbetrieb richtig ist.

Welches Schleppsystem die billigsten Gebühren fordert, läßt sich im Voraus nur schwer bestimmen. Zwar können annähernde Kostenvergleichsrechnungen aufgestellt werden; die endgültigen Frachtkosten werden aber nur aus den Jahresabschlüssen während einer längeren Betriebszeit zu ersehen sein. Wo derartige Abschlüsse für ein auf einer Wasserstrasse bestehendes System vorliegen, lassen sich die Ergebnisse wiederum nicht auf eine andere Wasserstrasse übertragen, da für diese andere örtliche Verhältnisse hinsichtlich der Preisbildung in Frage kommen. Jedenfalls liegt aber in billigen Gebühren der Schwerpunkt für die Leistungsfähigkeit einer Wasserstrasse, und es die Pflicht, sie den Kanälen zu schaffen.

Während vorstehende Bedingungen für eine regelmässige, schnelle und billige Beförderung der Güter massgebend sind, bleiben noch folgende für die volle wirtschaftliche Ausnützung einer Wasserstrasse zu stellen:

E. Freie Ufer. Die Wasserstrasse bietet die Möglichkeit, dass an jeder Stelle ein Lösch- und Ladeverkehr stattfinden kann, und ist dabei im Vorteil gegenüber der Eisenbahn, wo der Güterumsatz sich meist nur im Anschluss an einen Bahnhof abspielen kann. Tatsächlich siedeln sich denn auch industrielle Unternehmungen mit Vorliebe an Kanälen an. Dies liegt nicht nur im Interesse der Fabriken, die sich bei niedrigen Grundstücks- und Anlagekosten die billige Wasserfracht zu Nutzen machen, sondern auch im Interesse der aus sozialen Gründen so wünschenswerten Dezentralisation der Industrie. Es muss daher danach gestrebt werden, dass die Wasserstrassen wie die Geschäftsstrassen einer Stadt grosse Verkehrsadern werden zur Speisung der auf beiden Ufern liegenden Industrie. Dazu sind aber freie Ufer die Vorbedingung. Es stört, wenn zwischen Schiff und Werk sich der Durchgangsverkehr auf dem Leinpfad abspielt, oder wenn die Treidelleine der fahrenden Kähne über die Fahrzeuge an den Liegestellen gehoben werden muss. Eine Hochführung des Treidelweges an den Ladestellen bedingt teure Brückenanlagen und beseitigt den Nachteil nur unvollkommen. Die Uferstrassen sollen frei bleiben und einen ungehinderten Querverkehr ermöglichen. Alle Auf- und Einbauten auf dem Leinpfade sind daher nach Möglichkeit zu vermeiden.

F. Schonung der Kanalwandung. Kanalsohle und die Böschungen werden durch den Schiffahrtsbetrieb angegriffen. Besonders nachteilig ist die Wellen- und Wirbelbildung, die durch Rad- und Schraubendampfer hervorgebracht wird und die zu einer völligen Umgestaltung des Kanalbettes und zur Zerstörung seiner Dichtungen führen kann. Wie bedeutend dieser Nachteil ist, geht aus den hohen jährlich notwendigen Unterhaltungskosten hervor. Es ist von wirtschaftlichem Standpunkte gleichgültig, von wem diese Kosten getragen werden. Im Grunde sind sie den Ausgaben für die Wasserstrassen zuzurechnen und beeinträchtigen den wirtschaftlichen Nutzen der ganzen Anlage. Ihre Herabminderung ist von grosser Wichtigkeit.

G. Rücksicht auf die bestehenden Schiffahrtsverhältnisse. Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, dass eine Neugestaltung der Binnenschifffahrt mit den bestehenden Verhältnissen rechnen muss. Dem Schiffergewerbe, das bereits heute schwer um seine Existenz zu kämpfen hat, muss geholfen und das in der Binnenschifffahrtsflotte angelegte grosse Kapital muss werbend erhalten werden.

Auch ist mit den Fähigkeiten der Schiffer zu rechnen. Bei ihnen wird eine Umgestaltung, die vom Althergebrachten abweicht, zunächst immer auf Widerstand stossen. Aber allmählich werden sie sich daran gewöhnen. Bedingung ist nur, dass an ihre Fähigkeiten nicht so hohe Ansprüche gestellt werden, dass ihre Arbeitskraft ausgeschaltet

oder wesentlich eingeschränkt wird. Dies würde z. B. der Fall sein, wenn ihnen die Bedienung einer komplizierten elektrischen oder sonstigen Maschine zugemutet wird, wozu besondere Fachkenntnisse gehören.

III. Mittel zur Erfüllung der aufgestellten Bedingungen.

Die vorstehend aufgeführten Bedingungen beziehen sich teils auf die Betriebsweise auf den Wasserstraßen, sind daher organisatorischer Art, teils auf die Ausbildung eines leistungsfähigen Schleppsystems und sind insofern rein technischer Natur. Verlangt werden muss zu ihrer Erfüllung folgendes:

A. Einführung des Monopols. Dieses muss dem Staate oder einem kommunalen Verbands (Provinz, Kreis) übertragen werden. Nur dann liegt die Gewähr vor, dass das Monopol nicht einseitig lediglich zu Gewinnzwecken ausgeübt wird. Auch kann der Staat den Betrieb zuverlässiger gestalten, da er den Einflüssen des geschäftlichen Lebens weniger als jede Privatgesellschaft unterworfen ist, was für die feste Haltung der Tarife wesentlich ist.

Es kann sich nun um das Betriebs- oder um das Schleppmonopol handeln. Ersteres erscheint nicht durchführbar, da es den Besitz der Betriebsmittel voraussetzt. Abgesehen davon, dass für Beschaffung der Fahrzeuge usw. große Kapitalien angelegt werden müssten, und der Staat zum Untergang der Privatschiffahrt beitragen würde, stößt das Betriebsmonopol auch auf zahlreiche praktische Schwierigkeiten. Außer den erforderlichen dem Höchstbedarfe entsprechenden Fahrzeugen müssen auch Reparaturwerkstätten, Materiallager, Liegestellen und dergl. erworben werden. Dazu kommt die Haltung eines umfangreichen Personals. Während der Kanalsperre im Winter würde der größte Teil desselben ohne Tätigkeit sein. Auch würde es sich nicht vermeiden lassen, dass die staatlichen Kähne auf den freien Strömen fahren und zum Schaden der dortigen Privatschiffahrt verkehren. Es bleibt somit nur das Schleppmonopol d. h. die gesetzlich festgelegte Berechtigung, den Schleppdienst ganz oder innerhalb bestimmter Grenzen allein auszuüben. Diese gesetzliche Festlegung ist notwendig. Denn wenn auch ein groß angelegter Schleppbetrieb sich von selbst monopolisiert, da er sicherer und zu billigeren Selbstkosten befördern kann als die kleinere Konkurrenz, so muss doch dafür gesorgt werden, dass auf einem Kanale ein einheitlicher, ganz regelmäßiger Zugdienst stattfindet, der nicht durch andere Betriebsarten und die wilde Schifffahrt gestört wird.

Nun sind besonders aus den Kreisen der Handeltreibenden sehr lebhaft Widersprüche gegen die Einführung des staatlichen Schleppmonopols erhoben worden. Sie richten sich einmal gegen jedes Monopol überhaupt, und sodann noch besonders dagegen, dass es in die Hände des Staates gelegt wird. Es wird behauptet, dass durch die Ausschaltung der freien Konkurrenz eine Frachtverteuerung un-

ausbleiblich sei, und dafs die zur Zeit bestehende Privatschiffahrt vernichtet werde. Auch wird bei Übernahme seitens des Staates eine einseitige fiskalische Ausnutzung und eine engherzige Verwaltung befürchtet, die ohne kaufmännische Gesichtspunkte den Verkehr unnötig erschwere. Da bequeme und billige Wasserfrachten für alle die Industrien eine Lebensfrage bilden, die für die Herbeischaffung der Rohmaterialien an und für sich schon mit weiten Transporten rechnen müssen, so sind diese Befürchtungen zu verstehen, zumal da bei der Heranschaffung der Rohstoffe zur Verwendungsstelle das konkurrierende Ausland, namentlich Amerika und England, vielfach günstiger gestellt sind.

Zunächst sei darauf hingewiesen, dafs auf verkehrsreichen Wasserstraßen die Bildung eines Privatmonopols stets zu befürchten ist. Einer kapitalkräftigen Gesellschaft wird es nicht schwer fallen, die kleinere Privatschiffahrt tot zu machen, um danach die Tarife nach Willkür und zum Schaden der Verfrachter zu handhaben. Die Konkurrenzkämpfe der Eisenbahngesellschaften, besonders in Amerika, beweisen das zur Genüge. Die Frage würde dann aber lauten, ob Staats- oder Privatmonopol vorzuziehen sei. Ihre Beantwortung zugunsten der ersteren Betriebsart kann wohl kaum zweifelhaft sein.

Tatsächlich sind die Selbstkosten zahlreicher kleinerer Betriebe höher als die des Grofsbetriebes. Es müssen daher bei letzterem die Tarife niedriger sein, falls nicht ein unangemessener Reinverdienst herausgewirtschaftet wird. Dafs letzteres beim Privatmonopol eher zu befürchten ist als beim Staatsbetrieb, liegt aber im Wesen des lediglich zur guten Verzinsung angelegten Privatkapitals.

Es wird weiter befürchtet, dafs die Einführung des staatlichen Schlepptomopols nur den Anfang bilde zur Verstaatlichung der Schifffahrt überhaupt. Nach Erreichung dieses Zieles sei Fiskus völlig Herr der Tarife, die er als neue Verkehrssteuer nach Belieben ausgestalten könne. Es wäre dabei nicht einmal nötig, die Gebühren zu erhöhen, was ja immer auf grossen Widerstand stossen wird, sondern es würde genügen, sie nicht in dem Mafse herabzusetzen, wie es durch die Verbilligung der Selbstkosten für die beförderte Nutzlasttonne bei steigendem Verkehr gerechtfertigt wäre. Ein Hinweis auf die Überschüsse preussischer Staatsbahnen ist dabei naheliegend.

Nun ist zwar für den Rhein-Weser-Kanal das Staatsmonopol gesetzlich festgelegt und zwar auf besonderen Antrag des Berichtstatters zur Gesetzworlage des Abgeordneten Dr. Am Zehnhoff, der die Vorteile der beantragten Verstaatlichung eingehend hervorgehoben hat. Bis zur allgemeinen Verstaatlichung der Binnenschifffahrt ist aber noch ein recht weiter Weg, namentlich wenn auch die freien Flußläufe einbezogen werden sollen. Für unsere beiden bei weitem wichtigsten Ströme, den Rhein und die Elbe, ist das schon aus dem Grunde ausgeschlossen, weil durch Verträge mit den Uferstaaten beide Ströme dem internationalen Verkehr offen zu halten sind. Es käme der Staat

daher in die ganz unhaltbare Lage, auf seiner eigenen Wasserstrasse mit holländischen, österreichischen oder sonstigen Privatgesellschaften konkurrenzen zu müssen. Für eine Beseitigung der Bestimmungen der Rhein- und Elbakte werden aber die ausserdeutschen Uferstaaten im eigenen Interesse kaum zu haben sein. Ohne Rhein und Elbe würden aber in dem Staatsbetriebe die wichtigsten Glieder fehlen.

Überhaupt kommen für ein Schleppmonopol die freien Flüsse weit weniger in Frage. Meist haben sie ein so breites Fahrwasser, das eine durch Monopol geregelte Betriebsweise, die Stockungen im Verkehr, gegenseitige Behinderungen u. dergl. ausschliesst, nicht notwendig ist. Auch sind bei einem an und für sich schon gut organisierten Privatschleppdienste mit starken Dampfern die Bedingungen grösster Leistungsfähigkeit weit eher zu erfüllen, als auf schmalen Kanälen, wo derartige grosse Privat-Schlepper aus vielen Gründen überhaupt nicht zu verwenden sind. Hier ist der mechanische Schleppzug am Platz, wie er später erörtert wird, und dabei ist das Monopol die allein richtige Betriebsart zur Erzielung grösster Leistungsfähigkeit.

Die Bedenken einer einseitigen fiskalischen Ausnutzung dieses Monopols werden völlig gegenstandslos, sobald gesetzlich eine, die Selbstkosten erheblich übersteigende Gebührenerhebung ausgeschlossen wird. Die Möglichkeit hierfür ist dadurch gegeben, das die näheren Bestimmungen über die Einrichtung des Schleppmonopols und die Bewilligung der erforderlichen Mittel einem besonderen Gesetz vorbehalten sind.

Was nun die Vernichtung der Privatschiffahrt anbetrifft, so kommt sie für neu anzulegende Wasserstrassen überhaupt nicht in Frage. Auf den alten würde aber ein grosser Teil der im Schleppdienst beschäftigten Personen künftig seinen Unterhalt im Staatsbetriebe finden.

Alle diese zum guten Teil überhaupt nur als möglich hingestellten Bedenken müssen aber zurücktreten vor den grossen Vorteilen eines Schleppmonopols für den gesamten Wasserverkehr. Nur nach seiner Einführung wird bei einheitlicher Leitung infolge Regelmässigkeit des Betriebes, Ausnutzung der erreichbaren Geschwindigkeit und des Kahnraumes, sowie feste und niedrige Tarife die grösstmögliche Leistungsfähigkeit zu erzielen sein. Was sich bei dem Staatsmonopol erreichen lässt, beweisen französische Wasserstrassen, auf die später hingewiesen wird.

Allerdings bleiben Schwankungen in den Fracht-Kosten auch bei dem Schleppmonopol bestehen. Denn wenn auch die Schleppkosten normiert werden, so bleibt doch der andere Faktor, nämlich die Gebühr für den benutzten Kahnraum, beweglich und ist von der Nachfrage abhängig. Immerhin findet ein Ausgleich durch die festen Schleppsätze statt, und bei geregelterm Verkehr werden auch die Kosten für den Kahnraum geregeltere werden.

B. Einführung der Einzelschiffahrt. Auf die Vorteile derselben wurde bereits oben hingewiesen. Mit Recht schreibt Gröhe

in der Mitteilung zum VII. Internationalen Schiffahrtskongress: „Es steht außer allem Zweifel, daß diejenige Methode des mechanischen Schiffszuges den Vorzug verdient, welche jedem einzelnen Schiff die Möglichkeit gestattet, an jedem Punkte seiner Fahrt die Fahrt zu unterbrechen bzw. wieder aufzunehmen, ohne eines besonderen Schleppschiffes zu bedürfen, welches nicht überall zur Verfügung steht, und dessen Durchschleusung Zeit und unter Umständen kostspielige Wasserverluste bedingt.“ Erweitert können die Worte noch dahin werden, daß es heißt: „ohne eines besonderen Schleppmittels zu bedürfen, welches nicht überall stets zur Verfügung steht und dessen Leerfahren immer mit Kosten verknüpft sind.“

C. Anwendung des richtigen Schleppsystems.

Was nun die Verwirklichung der genannten drei Forderungen betrifft, so ist die Einführung des Schleppmonopols für den Rhein-Weser-Kanal bereits gesetzlich festgelegt. Daß es später auch auf die anderen Kanäle ausgedehnt wird, ist wohl nur eine Frage der Zeit. Das Verlangen nach sicherem und billigem Transport wird von selbst darauf hindeingen. Auf dem Elbe-Trave-Kanal und dem Teltow-Kanal besteht das Monopol ebenfalls schon. Die Einzelschiffahrt ist bei jedem Schleppsystem durchführbar. Bei den Schrauben-, Rad- und Ketten-dampfern allerdings nur unter Vermehrung der Zugkosten, da große Schlepper mit großen Maschinen, die mehrere Kähne ziehen, einen höheren wirtschaftlichen Nutzeffekt haben, als kleine Dampfer für die Einzelschiffahrt. Es bleibt somit als Schwerpunkt für die Erzielung größtmöglicher Leistungsfähigkeit der Wasserstraße die Anwendung des richtigen Schleppsystems.

Auf den Wasserstraßen aller Länder werden die verschiedensten Arten des Schiffszuges ausgeübt. Andere sind zeitweise in Anwendung gewesen. Wieder andere sind vorgeschlagen oder auch versuchsweise erprobt. Es spricht für die Wichtigkeit aber auch für das Offensein der Frage des mechanischen Schiffszuges, daß sie auf fast allen internationalen Schiffahrtskongressen Gegenstand der Verhandlungen, Berichte und Mitteilungen war. Für den nächsten Kongress ist sie wieder zur Behandlung empfohlen worden; gelöst ist sie noch lange nicht. Aber das Erfordern der Zeit drängt auf ihre Beantwortung, und jeder Beitrag hierzu muß willkommen sein.

IV. Der Wettbewerb für die Einrichtung eines elektrischen Schiffszuges auf dem Teltow-Kanal.

Ein wesentlicher Schritt zum Ziele war der im Jahre 1903 von der Teltowkanal-Bauverwaltung ausgeschriebene internationale Wettbewerb. Die eingegangenen Entwürfe stellen einen wertvollen Beitrag dar. Grundlegende neue Gedanken oder neue Erfindungen brachten sie allerdings nicht, sondern nur Verbesserungen bereits bestehender Systeme. Selbst die drei preisgekrönten Entwürfe waren im wesent-

lichen schon vorher bekannt, zum Teil auch durch Versuche erprobt. Der Wert liegt in der wissenschaftlichen und konstruktiven Durchbildung der Systeme und ihrer Einzelheiten. Es sei hier kurz auf das Ergebnis des Wettbewerbes eingegangen.

Die Hauptbedingungen zu demselben waren durch die örtlichen Verhältnisse gegeben. Die Kanallänge beträgt 37 km. Auf beiden Ufern waren Treidelpfade angenommen bis auf zwei Seestrecken von im ganzen 4,6 km. Die Schleppzüge sollten bestehen aus je einem Normalschiff von 600 t bzw. 450 t oder aus zwei Finowkähnen von je 170 t Tragfähigkeit. Die Schleppgeschwindigkeit wurde zu 4 km/Stde. festgelegt. Die Verwendung der Elektrizität als Betriebskraft war vorgeschrieben. Das Schleppmittel sollte im Stande sein, in besonderen Fällen eine Zugkraft bis zu 1500 kg auszuüben. Als Jahresverkehr wurden für die erste Zeit bei 14stündigem täglichen Betriebe 1 500 000 t angenommen. Eine spätere Erweiterung der Anlage entsprechend einem Jahresverkehr von 4 500 000 t bei Tag- und Nachtbetrieb war vorzusehen. Bei Einrichtung des Schleppbetriebes vom Leinpfad aus war darauf zu achten, daß das Treidelseil über die zwischen Schlepper und Schiff liegenden, löschenden oder ladenden Kähne hinweggeführt werden mußte. Der Verkehr auf den Uferstraßen sollte durch den Schleppbetrieb möglichst wenig behindert werden. Letztere Bedingung erscheint gerade beim Teltow-Kanal besonders wichtig, da seine Lage dicht bei Berlin die Ansiedelung von industriellen Anlagen begünstigt und eine schnelle Zunahme des Ortsverkehrs erwarten läßt.

Eingegangen waren im ganzen 21 Entwürfe. Davon schlagen zehn das Schleppen ausschließlich mit Wasserfahrzeugen vor. Der Antrieb erfolgt durch Schraube, Turbine oder (3 Entwürfe) durch Kette. Letztere ist versenkt oder bei einem Entwurf als Kette ohne Ende gedacht. Zehn Entwürfe empfehlen das Treideln vom Leinpfad aus mittels elektrischer Lokomotiven, die teils mit natürlicher (3 Entwürfe), teils mit künstlicher Adhäsion (7 Entwürfe) getrieben werden. Auf den Seestrecken ohne Leinpfad wird durchgängig das Schleppen mit Booten in Vorschlag gebracht. Ein Entwurf empfiehlt den Schleppbetrieb mit Wandertau. Im einzelnen behandeln die Entwürfe die Bauart der Maschinen und Boote, sowie die Zuführung, Abnahme und Ausnutzung des elektrischen Starkstromes.

Alle drei Preise fielen auf Entwürfe, die den Seilzug vom Leinpfad aus mittels elektrischer Lokomotiven in Vorschlag bringen. Auch die beiden noch angekauften Arbeiten behandeln dasselbe System. Daraus ist zu entnehmen, daß das Preisgericht das Schleppen der Kähne mit Wasserfahrzeugen als keine geeignete Betriebsart für den Teltow-Kanal erachtet hat. Diese Meinung wurde durch die später mit einem besonderen Schleppboot angestellten Versuche bestätigt.

Aus der Begründung der Beurteilung sei noch hervorgehoben, daß auf freie Uferstraßen und freien Querverkehr auf dem Leinpfad,

sowie auf ungehinderten Lösch- und Ladebetrieb ganz besonderes Gewicht gelegt wurde.

Der mit dem ersten Preise gekrönte Entwurf stammte von der Firma Siemens & Halske, A.-G. Bekanntlich ist er, allerdings mit verschiedenen Abänderungen und Verbesserungen, am Teltow-Kanal zur Ausführung gekommen. Und damit ist zum ersten Male in Preußen ein neuer und groß angelegter Versuch zur Neugestaltung der Kanalschifffahrt gemacht worden. Es fragt sich nun, ob bei diesem Versuch der richtige Weg eingeschlagen wurde, auf dem auch in Zukunft weiter gegangen werden muß.

Zunächst wird in folgendem eine Übersicht über die bisher auf den Binnenwasserstraßen (Kanälen und Flüssen) angewendeten wichtigen Arten des Schiffszuges gegeben werden. Sie umfaßt auch die hauptsächlichsten nur vorgeschlagenen oder zum Teil erprobten Systeme. Die Entwicklung des Schiffszuges, die Vorteile und Nachteile, sowie die Aussichten der einzelnen Systeme für die Zukunft werden daraus ersichtlich sein. Manche Betriebsarten haben allerdings nur noch ein geschichtliches Interesse.

Zweites Kapitel.

Die bisher auf den Binnenwasserstraßen angewendeten wichtigsten Arten des Schiffszuges.

Recht erwünscht würde es sein, die Kosten der verschiedenen Schleppsysteme einander gegenüber zu stellen. In Frage können für einen Vergleich natürlich nur die Selbstkosten kommen ohne Berücksichtigung eines mehr oder minder hohen Unternehmergewinnes. Derartige Angaben sind aber recht schwer zu erhalten. Und einen einwandfreien Vergleichswert können sie natürlich nur haben, wenn sie auf denselben Voraussetzungen aufgebaut sind, d. h. wenn dieselben Beträge für Verzinsung, Amortisation, Materialien, Löhne usw. in Ansatz gebracht werden. Eine rein theoretische Berechnung kann diese Unterlagen nur schätzen, und je nach der Schätzung fallen die Ergebnisse aus, so daß in den Veröffentlichungen derartiger Berechnungen verschiedene Verfasser auch zu ganz verschiedenen Einheitsätzen kommen. Es sei darauf hingewiesen, daß es schon bei den preisgekrönten Arbeiten der Ausschreibung für den Teltow-Kanal Mühe machte, alle veranschlagten Kosten auf dieselbe Grundlage zu bringen, um die Einheitskosten für das Tonnenkilometer geschleppter Last vergleichen zu können. Um so schwieriger und auch gewagter würde es sein, z. B. die Angaben, die für französische Wasserstraßen mit ganz anderen Abmessungen, Fahrzeugen, Anlage- und Betriebskosten gemacht werden, mit den Ergebnissen für deutsche Kanäle in Vergleich zu setzen. Es werden daher lediglich die Angaben, wie sie in den Veröffentlichungen sich finden, gemacht. Im großen und ganzen geben sie ja doch ein wenigstens annäherndes Bild von den Kosten der einzelnen Betriebsarten.

Die Fortbewegung der Kähne durch Segeln, sowie durch Staken und Rudern kann hier außer Betracht bleiben. Für den Segelbetrieb bieten nur breitere Wasserflächen die erwünschte Möglichkeit des Manövrierens. Auf Flüssen und Kanälen stören die Brücken, unter denen der Mast niedergelegt werden muß. Bei künstlichen Wasserstraßen wird dies besonders häufig der Fall sein. Hauptsächlich aber liegt der Nachteil darin, daß die Abhängigkeit von der jeweiligen Windstärke und Windrichtung einen nur einigermaßen geregelten Schiffahrtsbetrieb nicht zuläßt.

Die Fortbewegung durch Rudern und Staken kommt meist nur bei kurzen Strecken vor, namentlich in Häfen beim Rangieren der Schiffe und in Städten, wo ein regelmäßiger Schlepperbetrieb durch den Verkehr auf dem Wasser und den Uferstraßen behindert wird. Im übrigen sind die bisher üblichen Arten des Schiffsbetriebes auf Binnenwasserstraßen im wesentlichen folgende:

I. Der Schiffszug durch belebte Motore.

A. Menschen. Die mühsame Art der Schiffsbewegung durch Treideln mit Menschen ist sehr unvorteilhaft und kann vom heutigen Kulturstandpunkt aus auch als unwürdig bezeichnet werden. In der Tat sind auch in Frankreich z. B. Polizeiverordnungen erlassen, die die Verholung durch Menschen für beladene Schiffe auf Kanälen und den ihnen gleichgestellten Flüssen verbieten. Dennoch ist diese Art des Schiffszuges noch überall, auch in Frankreich gebräuchlich und wird teils durch die Schiffer selbst bzw. ihre Angehörigen, teils durch angenommene Personen ausgeübt.

Die Zugkraft eines erwachsenen Mannes kann zu etwa 30 kg angenommen werden. Die Geschwindigkeit beim Schleppen beträgt 0,3 bis 0,5, im Mittel etwa 0,4 m/sek., d. h. in der Stunde etwa 1,6 km, die Arbeitsleistung demnach $30 \cdot 0,4 = 12$ mkg. Infolge der bei längerer Arbeitszeit eintretenden Ermüdung wird indessen die sekundliche Leistung kaum mehr als 8 mkg durchschnittlich betragen. Der Nutzeffekt sinkt außerdem mit der Anzahl der Treidler.

Die Kosten richten sich natürlich nach den örtlichen Verhältnissen. Für die rund 11 km lange Strecke Liepe—Eberswalde des Finow-Kanals stellt sich der Preis für 3 Treidler i. M. auf 9 Mk.¹⁾ Bei einem dort üblichen Fahrzeug von 175 t Tragfähigkeit betragen

die Kosten für das Tonnen-Kilometer demnach $\frac{900}{175 \cdot 11} =$ rund 0,5 Pf.

Für französische Wasserstraßen gibt Lasmolles als Durchschnitt bei 2 km/Std. Geschwindigkeit 0,32 bis 0,36 Pf. an; doch berichtet Derôme, daß sich die Kosten oft höher als 0,8 Pf. für das Tonnen-Kilometer stellen.

B. Pferde. Bei der Treidelei mit Pferden bzw. Maultieren sind drei verschiedene Betriebsarten üblich. Entweder werden die Pferde vom Schiffer auf dem Kahn mitgeführt, und es ist ein Stall an Bord, oder sie werden von den Anliegern des Kanals bzw. von Unternehmern nach Bedarf zur Verfügung gestellt, oder es ist schließlich vom Staat oder von Unternehmern längs des Kanals ein regelrechter Vorspanndienst mit Relais organisiert.

Die erste Betriebsweise hat zwar den Vorteil, daß die Tiere im Gebrauchsfalle immer zur Stelle sind, dafür müssen sie aber auch

¹⁾ Vergleiche die Mittelungen zum V. internationalen Schifffahrtkongress Paris.

während der Liegezeiten, wo sie nicht zu verwenden sind, mit durchgefüttert werden.

Bei der zweiten Art hängt der ganze Betrieb von der Zahl der Gespanne ab, die gerade an einer Gebrauchsstelle zur Verfügung stehen. Während an manchen Stellen zu viel Pferde sind, wird an anderen wieder Mangel sein. Ferner ist die Gestellung vielfach vom anderweitigen Gebrauch (Erntezeiten u. dergl.) abhängig. Die Preise richten sich nach Angebot und Nachfrage, sodass feststehende Tarife nicht möglich sind. Das Beschaffen des Vorspannes und das Handeln um den Treidelohn kosten zudem noch Zeit.

Die dritte Betriebsweise ist in Preußen am Finow-Kanal und am Bromberger Kanal mit bestimmten Tarifen von Unternehmern angewandt. Besonders im Gebrauch ist sie in Frankreich. Allerdings liegen bei den dort üblichen kleineren Kanalabmessungen und Fahrzeugen die Bedingungen für den Pferdebetrieb an und für sich günstiger. Der Kanal ist in eine Anzahl Teilstrecken mit Stationen (oft an den Schleusen) eingeteilt, an denen die Pferde meist zu bestimmten Tarifen zur Verfügung stehen. Die Leistungen sind sehr bedeutend. Auf der besuchtesten Wasserstrasse Frankreichs, dem Kanal St. Quentin, reicht diese Betriebsweise für einen Verkehr von 5,5 Millionen Tonnen aus.

Die Zugkraft eines Pferdes kann bei der schrägen Zugkraft höchstens zu 60 kg angenommen werden. Die Geschwindigkeit im Schritt beträgt etwa 1 m/sek., kann aber im Durchschnitt für den Schleppbetrieb nur zu 0,65—0,70 m/sek. angesetzt werden, das sind etwa 2,5 km in der Stunde. Die sekundliche Arbeitsleistung berechnet sich daher zu etwa 40 mkg. Die täglich von einem Pferde zurückzulegende Strecke beträgt je nach Umständen 15—30 km. Bei mehreren Pferden (auf der kanalisierten Aisne werden bei der Bergfahrt bis zu 8 Pferden vorgespannt, ohne daß die Geschwindigkeit von 2 km/Stunde überschritten wird) sinkt natürlich wegen ungleichen Ziehens der Wirkungsgrad.

Der Preis stellt sich bei der oben angeführten Strecke des Finow-Kanals, wenn für ein Pferd mit Treiber 6 Mk. gerechnet werden, auf

$$\frac{600}{175 \cdot 11} = \text{rund } 0,3 \text{ Pf. tkm, ein Preis, der auch sonst zutreffend ist.}$$

Als Durchschnittswert gibt Lasmolles für französische Kanäle und Schiffe von etwa 250 t Ladefähigkeit bei einer Geschwindigkeit von nur 2 km/Stunde 0,36 Pf. für das Tonnenkilometer Nutzlast an. Auf den russischen Kanälen um den Ladagosee betragen nach statistischen Angaben¹⁾ die Schleppkosten etwa 0,216 Pf./tkm, wobei ein Gespann von 6 Pferden zu Grunde gelegt wird. Auf Flüssen sind die Kosten verschieden, je nach Berg- oder Talfahrt. Für den Erie-Kanal werden

¹⁾ Vergl. Merczyng Mitteilung zum X. Internationalen Schiffahrtskongress, Mailand 1905.

talwärts 0,37 Pf./tkm angegeben, für die Bergfahrt sollen die Kosten erheblich höher sein¹⁾).

Bei Kanälen von kleineren Abmessungen gewährleistet ein Pferdebetrieb, namentlich wenn er gut geregelt ist, einen guten wirtschaftlichen Nutzen. Bei großen Kanälen und Lastschiffen ist allerdings der maschinelle Betrieb erheblich vorteilhafter schon wegen der erreichbaren höheren Geschwindigkeit.

II. Der Motor liegt im Schiff und seine treibende Kraft greift im Wasser selbst an.

A. Schrauben- und Raddampfer. Vor allem kommen hier die Schiffe mit Schrauben und Schaufelrädern in Betracht. Die erforderliche Arbeit wird entweder von einer Dampfmaschine (bezw. Gas- oder Heißluftmaschine) auf dem Schiff selbst geleistet, oder sie wird einer elektrischen Kraftleitung bezw. einer Akkumulatorbatterie entnommen.

Bekanntlich ist der technische und besonders der wirtschaftliche Nutzeffekt einer Dampfmaschine um so größer, je größer die Maschine ist. Es mußte daher auch beim Schiffsbetrieb das Bestreben dahin gehen, möglichst große Maschinen zu haben. Da diese auf jedem einzelnen Frachtschiff mit Vorteil nicht unterzubringen sind, weil sie zuviel Gewicht und Platz wegnehmen, auch wegen der namentlich auf Kanälen beschränkten Schiffsgeschwindigkeit nicht ausgenutzt werden können, sind die Güterfrachtschiffe mit eigener Maschine nur in großen Abmessungen und dementsprechend in breitem und tiefem Fahrwasser mit Erfolg zu verwenden. In beschränktem Fahrwasser wurde dagegen der Schleppzugsbetrieb eingeführt, bei dem ein Dampfer mit starker Maschine einen oder mehrere Kähne zieht. Er bedingt besondere bauliche Anlagen namentlich an den Schleusen, die zweckmäßig für einen ganzen Zug bemessen werden (Schleppzugschleuse). Natürlich kann die große Maschine des Schleppers nur dann voll ausgenutzt werden, wenn die erforderliche Zahl Kähne zur Bildung eines Zuges vorhanden ist. Öfter wird dies nicht der Fall sein, und der Betrieb ist dann unwirtschaftlich.

Ein Nachteil des Schleppbetriebes wird immer der sein, daß der Dampfer mitgeschleust werden muß, falls nicht in den einzelnen Haltungen besondere Schlepper stationiert sind. Ist dies aber der Fall, dann muß die Zahl der Schlepper dem größten Bedarf angepaßt werden, und die Folge sind lange und teure Liegezeiten während der stilleren Schifffahrtsperioden. Der Arbeitsverlust, den der Schlepper zu seiner eigenen Fortbewegung gebraucht, sowie die hohen Anlagekosten für ein besonderes Fahrzeug zur Unterbringung der Betriebskraft, ferner die Kosten für die Bedienung dieses Fahrzeuges werden immer Nachteile dieses Schleppbetriebes bleiben.

¹⁾ Zentralblatt der Bauverwaltung 1906 S. 495.

Ein weirerer Fehler, der namentlich für Kanäle außerordentlich ins Gewicht fällt, sind die durch Schraube oder Rad hervorgerufenen hohen Wasserbewegungen, die die Sohle und die Böschungen angreifen, die Dichtungen zerstören und das ganze Kanalbett nachteilig verändern, wodurch recht hohe Unterhaltungskosten erwachsen. Da die Wellenbewegung mit der Geschwindigkeit zunimmt, sind höhere Geschwindigkeiten wenigstens für tiefgehende Dampfer mit starken Maschinen schon mit Rücksicht auf diese großen Unterhaltungskosten ausgeschlossen. Dazu kommt ferner, daß die bei größeren Geschwindigkeiten zurückgeworfenen Wassermassen den Widerstand der im Kielwasser geschleppten Kähne vermehren, ein Nachteil, den nach angestellten Untersuchungen auch eine längere Schlepptrasse nicht beseitigt. Ein Vorteil des Schleppdampfers ist die Selbständigkeit, mit der er, ohne andere Betriebsarten zu hindern, auf Wasserstraßen verkehren kann.

Die Schiffsschraube erfordert tiefes Fahrwasser, um einen genügenden Wirkungsgrad zu erzielen und ist mit Vorteil in den unteren Flußläufen zu verwenden. Bei seichtem Wasser ist das Schaufelrad vorzuziehen und daher meist auf den oberen Flußläufen im Gebrauch. Aber auch hier ist seine Verwendung bei großen Stromgeschwindigkeiten unvorteilhaft, weil mit wachsender Gegenströmung der Wirkungsgrad sinkt. Eine Steigerung der Tourenzahl ist aus konstruktiven Rücksichten nicht durchführbar, auch ohne Erfolg, da über eine bestimmte Umfangsgeschwindigkeit (etwa 8 m/sek), nicht gegangen werden darf, weil das nach hinten gedrückte Wasser eine gewisse Zeit braucht, um sich zu ergänzen. Ein Nachteil der Raddampfer ist die große Breite infolge der Radkästen, die sie vom Verkehr auf schmalen Kanälen ganz ausschließt. Deswegen werden namentlich auch im flachen Wasser mit Vorliebe die Schaufelräder hinten angebracht. Doch leiden diese Schiffe an schlechter Steuerfähigkeit. Die Raddampfer sind bei gleicher Leistung um etwa 20 % teurer als Schraubendampfer.

Der Wirkungsgrad der Schraube ist nur gering, da durch die Schraubendrehung im Wasser, durch den Slip und durch Reibung der Maschine beim Arbeitsgang der grösste Teil der Arbeit verloren geht. Er kann für die für Binnenwasserstraßen gebauten Dampfer höchstens zu 35 % angenommen werden. Und auch davon ist noch der Eigenwiderstand des Schleppers in Abzug zu bringen. Die Nutzleistung für den Zugdienst kann daher nicht mehr als etwa 25—30 % der aufgewendeten Arbeit betragen. Sie sinkt noch weiter, wenn zu grosse oder zu geringe Zugwiderstände zu überwinden, oder wenn Strömungen im Fahrwasser vorhanden sind. Der Nutzeffekt der Raddampfer ist annähernd derselbe.

Die Geschwindigkeit wird durch die Rücksichtnahme auf die Ufer und durch wirtschaftliche Gründe bestimmt. Sie ist daher verschieden nach der Wasserstrasse. Auf dem Dortmund-Ems-Kanal

beträgt die erlaubte und tatsächlich auch erreichte Geschwindigkeit für 1,75 m eintauchende 600 t Kähne 5 km/Stunde, während für tiefergehende, bis zu 800 t ladende Schiffe die Geschwindigkeit auf 4 km/Stunde beschränkt ist.

Die Schleppgebühren sind je nach Örtlichkeit, Geschwindigkeit, Länge der Fahrt usw. sehr verschieden, häufig auch tarifarisch festgelegt. Die Betriebskosten lassen sich rechnerisch ermitteln aber nur unter Zugrundelegung willkürlicher Annahmen für Verzinsung, Löhne, Unterhaltung, Kohlenpreise usw. Wesentlich ist natürlich auch eine zutreffende Schätzung der Gröfse des Verkehrs und der Ausnutzung der Schlepper im Tag- und Nachtbetriebe. So kommt z. B. Prietze¹⁾ bei einem kanalisierten Fluss mit grosen Verkehr (Mosel) für Kähne mit durchschnittlich 600 t Nutzlast bei 24 stündigem täglichen Betriebe unter Zugrundelegung von 300 Betriebstagen bei einem Doppelzug (Schlepper und zwei Kähne) zu einem Einheitspreise von 0,125 Pf/tkm, bei einem Einzelzug (Schlepper und ein Kahn) zu einem Einheitspreise von 0,14 Pf/tkm. Landsberger²⁾ berechnet ebenfalls für die zu kanalisierende Mosel bei 500 t Durchschnittsladung und 270 Betriebstagen die Schleppkosten zu 0,141—0,104—0,097 Pf/tkm bei Tagesbetrieb (14 Std.) bzw. zu 0,145—0,112—0,101 Pf/tkm bei Tag- und Nachtbetrieb (24 Stunden) je nachdem der Schlepper ein, zwei oder drei Anhänge hat. — Werneburg³⁾ kommt bei etwas anderen Annahmen und Tagesbetrieb zu Schleppkosten, die um etwa die Hälfte höher sind, als die von Landsberger berechneten. Schinkel⁴⁾ berechnet bei monopolisiertem Schleppbetrieb bei 13 stündigem Betriebe für den Doppelzug von im Ganzen 720 t Nutzlast unter Annahme von 4 bis 5 km/Std. Geschwindigkeit und bei Einrechnung der Kosten für eine Zentralverwaltung den Einheitssatz von 0,274 bis 0,259 Pf/tkm, je nachdem ein Verkehr von 1 Million bis 10 Millionen Tonnen zugrunde gelegt wird. Für den freien Betrieb kommt Schinkel zu 0,266 bis 0,185 Pf/tkm je nach einer Transportentfernung von 100 bzw. 300 km. Thiele⁵⁾ berechnet unter Annahme ganz gleichartiger Verhältnisse den Satz von 0,198 Pf/tkm bei 2 Millionen Tonnen und 0,182 Pf/tkm bei 6 Millionen Tonnen Jahresverkehr. Nach Sympher⁶⁾ betragen die Schleppkosten für die neuen preussischen Kanäle bei 5 km/St. 0,196 Pf/tkm bei Tagesbetrieb, und 0,224 Pf/tkm bei Tag- und Nachtbetrieb.

Im praktischen Betriebe hängen die Kosten ganz von der Gröfse des Schleppers, seiner Einrichtung und seiner Ausnutzung besonders

1) s. Zentralblatt der Bauverwaltung 1906 S. 367.

2) Zentralblatt der Bauverwaltung 1907 S. 149.

3) Denkschrift über die Rentabilität der Moselkanalisierung unter Berücksichtigung des Schleppmonopols. Saarbrücken 1906.

4) Dr. inj. Max Schinkel. Der elektrische Schiffszug. Jena 1906.

5) Mitteilung zum X. internationalen Schifffahrtkongress.

6) Zeitschrift für Bauwesen 1907 S. 579.

auch von den Kohlenpreisen ab. Es ist daher schwer, hierüber bestimmte Angaben zu bekommen. Sehr billige Betriebskraft liefern Sauggasanlagen, doch erwiesen sie sich im Betriebe auf Schiffen beim Manövrieren als nicht zuverlässig genug. Vielleicht hat der Benzinmotor in Verbindung mit der Schraube eine Zukunft. Dahingehende Bestrebungen sind im Gange. Doch liegen für Lastkähne ausreichende Erfahrungen noch nicht vor.

B. Anwendung der Elektrizität. Bei der vielseitigen Anwendung der Elektrizität lag es nahe, diese auch bei den Schleppbooten einzuführen. Bereits 1889 nahm Hunter-Philadelphia hierauf ein Patent. Praktisch ausgeführt wurde sie 1900 auf dem Kanal de Charleroi durch den belgischen Ingenieur Léon Gérard, und zwar auf einer Strecke, deren Ufer ständig derartig mit Gütern besetzt sind, daß der sonst hier übliche Zug vom Leinpfad aus mit elektrischen Lokomotiven nicht durchführbar war. Der Strom wurde einer Drahtleitung entnommen und einem Elektromotor zugeführt. Auch auf dem Teltow-Kanal wurde ein derartiges Schleppboot erprobt. Es besaß drei Schrauben, von denen jede durch einen besonderen Motor angetrieben wurde. Durch den entstehenden breiten, aber nicht tiefen Rückstrahl des von den Schrauben erfaßten Wassers wurde die Wellenbildung sehr vermindert. Der Energieverbrauch war bei dem an sich schlechten Wirkungsgrad der Schraube recht hoch.

Auch die Verwendung von Akkumulatoren ist erprobt worden. Diese haben den Nachteil, daß sie, im Lastkahn selbst untergebracht, viel Raum und Tragfähigkeit wegnehmen. Die Watt-Akkumulatorenwerke in Zehdenik haben Trockenzellen vorgeschlagen, die mit einer Schraube verbunden, dem Lastkahn beigegeben werden. Nach Angaben der Firma¹⁾ stellen sich die Preise nach Versuchen für einen Finowkahn von 175 t Tragfähigkeit bei 3,6 km/Stunde Geschwindigkeit und voller Belastung auf 0,4 Pf/tkm, bei 2,5 km/Stunden auf nur 0,15 Pf., wobei 10 % für Abschreibung und Unterhaltung der elektrischen Einrichtung berechnet sind. Für einen Kahn von 450 t Ladefähigkeit wurden bei voller Ausnutzung derselben 0,16 Pf/tkm, bei $\frac{1}{4}$ Leerfahrten 0,31 Pf/tkm berechnet bei einer Geschwindigkeit von 4 km/St.

In jüngster Zeit ist ein Schiffsbetrieb größeren Stils mit Akkumulatorbooten von der Ziegel-Transport-Aktien-Gesellschaft Berlin mit 2 $\frac{1}{2}$ Millionen Kapital ins Leben gerufen. Dabei wurde von der richtigen Erkenntnis der großen Vorzüge der Einzelschiffahrt ausgegangen, die namentlich beim Passieren der vielen Schleusen der Märkischen Wasserstraßen ins Gewicht fällt und auch bei der Selbständigkeit der Bewegung dieser Fahrzeuge die Kollisionsgefahr bei Schiffsanhäufungen vermindert. Nach zweijährigem Betriebe mit Versuchsfahrzeugen, die in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht

¹⁾ Vergl. Volkmann u. Köttingen. Mitteilungen zum IX. Internationalen Schiffahrtkongress Düsseldorf 1902.

befriedigten, sind z. Zt. 115 neue Schraubenboote in Auftrag gegeben. Zunächst beschränkt sich die Gesellschaft auf den Transport von Bausteinen, rechnet aber nach zeitgemäßer Ausgestaltung elektrisch betriebener Lösch- und Ladevorrichtungen auf Beförderungen von Massengütern aller Art. Für den Transport auf Flüssen werden Einrichtungen erprobt, die es erlauben, eine Anzahl automobil bewegter Kähne in einem Zuge zu bewegen. Die elektrische Energie soll dabei jedem Kahne von einer in einem Schiff untergebrachten Kraft erzeugungsstation direkt durch Kabel zugeführt werden. Voraussetzung wäre natürlich eine Stärke der Elektromotoren, die zur Überwindung der Gegenströmung ausreicht. Bei Auflösung des Zuges fahren dann die einzelnen Akkumulator-Fahrzeuge mit eigener Kraft. Die 40 m langen, 4,4 m breiten eisernen Fahrzeuge haben bei 1,4 m Tiefgang 180 t Tragfähigkeit. Es genügt daher in Kanälen eine Leistung von 5—6 PS., um ihnen eine Geschwindigkeit von 4 km/St. zu erteilen. Bei diesen verhältnismäßig schwachen Maschinen ist die schädliche Wirbelbildung naturgemäß erheblich geringer als bei grossen Schraubenschleppern.

Auf den Strecken des Zehdeniker Gebiets stellen sich nach Angaben der Gesellschaft die elektrischen Zugkosten auf 0,273 Pf/tkm bei 20 km Transportweite und sinken auf 0,17 Pf/tkm bei 100 km. Dabei ist allerdings mit voller gleichmäßiger Hin- und Rückfracht von 150 t = 53,000 Steinen gerechnet.

Nachteile dieser Betriebsart sind die hohen Kosten der Einrichtung, die Schwierigkeit der Ladung der Batterie auf der Strecke, falls nicht zahlreiche Kraftstationen geschaffen werden, und die Empfindlichkeit eines Akkumulators bei ungeschickter Behandlung, die bei der Bedienung durch einen Schiffer nicht unwahrscheinlich ist. Zu vermeiden wäre letzteres durch Verwendung von Akkumulatoren in besonderen Schleppbooten. Ein derartiges elektrisches Zellenboot hat sich an der Mühlendammschleuse in Berlin technisch bewährt.

Das bereits in dem beschriebenen Akkumulatorenbetrieb verwendete System der Einzelschiffahrt ist natürlich auch bei Zuführung der elektrischen Kraft durch Drähte anwendbar. So schlug Galliot vor, an den Kähnen elektrisch betriebene Schrauben am Steuerruder unterzubringen. Dieses spezielle Steuer (gouvernail propulseur) sollte beim Antritt der Kanalfahrt an Stelle des gewöhnlichen eingesetzt werden. Den gleichen Gedanken verfolgte Büsser (D. R. P. Nr. 69,998), aber er brachte den Motor in einem besonderen, schmalen, schiffsartigen Gefäß am Steuer unter. Bei beiden Systemen wirkt die Kraft auf den Steuernagel, der dadurch sehr beansprucht wird. Die Stromabnahme erfolgt durch eine besondere Kontaktvorrichtung von den Leitungsdrähten. Die Triebapparate, die dem Schiffe jedesmal beigegeben werden sollen, können, um handlich zu sein und sich jedesmal leicht anbringen zu lassen, nur leichtes Gewicht haben. Bei schweren Schiffen ist dieses System schon deswegen ausgeschlossen.

C. Vorrichtungen für flaches Wasser. Der Vollständigkeit wegen seien noch einige Vorrichtungen für flaches Wasser angegeben. Mit Erfolg sind hier Turbinenschrauben verschiedener Systeme verwendet worden. Die Wirkungsweise ist die umgekehrte einer gewöhnlichen Turbine, indem Maschinenkraft aufgewendet wird, um einen Wasserstrom zu erzeugen, der das Fahrzeug vorwärts drückt. Die Wasserbewegung ist parallel zum Schiff, sodafs weniger Wirbel entstehen.

Den Zweck der Verwendung bei ungenügender Wassertiefe haben auch die Schrauben, die in einem nach oben gewölbartig ausbuchtenden Hohlraum des Schiffsbodens angebracht sind. Während die Schrauben im Ruhezustand des Schiffes zum Teil aus dem Wasser hervorstehen können, laufen sie bei Fahrt ganz im Wasser, mit dem sich der Hohlraum anfüllt. Die Schraube kann sowohl hinten als mittschiffs angebracht sein.

Auch der Schraubenraddampfer eignet sich für besonders flache Gewässer. In dem Bericht von Suppan zum VIII. internationalen Schiffahrtskongress ist ein derartiger Dampfer mit zwei hintereinanderliegenden Schraubenrädern, von denen eins rechtsgängig und eins linksgängig ist, beschrieben. Jedes Rad besteht aus 4 Armen, an deren jedem Ende eine blattförmige Schaufel sitzt. Nur dieses Schaufelblatt taucht ins Wasser, während die Welle über Wasser liegt. Der Dampfer soll schon bei 0,4 m Wassertiefe einen guten Nutzeffekt geben.

III. Der Motor liegt im Schiff und seine treibende Kraft greift an einer Kette oder einem Drahtseil an.

A. Betrieb mit Kette. Eine Kette bzw. ein Drahtseil liegen dauernd auf dem Grunde des Fahrwassers und an ihnen wendet sich der Schlepper mit eigener Kraft voran. Die Kette läuft über das Fahrzeug hinweg und wird um eine oder mehrere Trommeln oder um ein Greifrad gelegt, die durch die Schiffsmaschine gedreht werden. Der Wirkungsgrad ist dann unabhängig von der Strömung, worin ein grosser Vorteil dieser Betriebsart liegt. Die „Tauerei“ eignet sich daher ganz besonders für Wasserläufe mit starker Strömung, wird daher in den oberen Flusläufen mit Vorteil angewandt. Sie ist verhältnismässig unabhängig vom Wasserstand und ermöglicht das Innehalten von Lieferungsfristen. Ob Tau oder Kette vorzuziehen ist, darüber sind die Ansichten geteilt. Die Kette ist biegsamer und bei einem Bruch durch Schäkel leicht auszubessern. Dagegen ist das Drahtseil billiger und dauerhafter.

In den Jahren 1869—1874 wurde die Kette auf der Elbe in 655 km Länge von Hamburg bis Aussig verlegt und bewirkte bald eine grosse Zunahme des Schiffahrtsverkehrs, der namentlich auch in der Vergrößerung der geschleppten Schiffsgefässe zum Ausdruck kam.

Mit zunehmender Verbesserung des Fahrwassers traten allerdings dann die großen Raddampfer in Konkurrenz. Auf dem Rhein bestand der Tauereibetrieb von 1873—1905. In letzterem Jahre wurde das auf der Strecke Rungsdorf—Bingen verlegte Tau entfernt, und damit auf diesem Fluß die Tauerei eingestellt. Im Main liegt auf 90 km Länge eine Kette von Mainz bis Aschaffenburg, und auf 200 km Länge von Aschaffenburg bis Kitzingen. Im Neckar hat die Schleppkette zwischen Mannheim und Heilbronn eine Länge von 115 km, und zwischen Heilbronn und Lauffen eine Länge von 12 km. Sehr ausgedehnt ist der Tauereibetrieb auf französischen Flüssen und Kanälen. Auf der Seine wurde er bereits im Jahre 1854 eingeführt und wird bis heute mit großem Erfolge betrieben. Fast überall werfen die Dampfer auf der Talfahrt die Kette ab und fahren mit Schrauben oder Turbinen, da dann bei den größeren Geschwindigkeiten und kleineren Zugleistungen die Kette oft hinderlich ist.

Eine wesentliche Verbesserung wurde durch de Bovet eingeführt. Er vermied die sonst zum Festhalten notwendigen mehrfachen Umschlingungen der Kette um die Trommel dadurch, daß er die Kette um ein Rad leitete, auf dem sie durch Magnetismus festgehalten wird, der durch einen elektrischen Strom erzeugt wird. Es zeigte sich, daß schon eine Umwicklung von 270° ausreichend ist und auch bei Nässe und Schmutz wirksam blieb. Die Vorteile liegen in der verminderten Abnutzung der Kette, den verringerten Betriebskosten und der Möglichkeit, die Kette an jedem Punkt der Strecke leicht abwerfen zu können.

Auf dem Burgunderkanal wurde als Triebkraft Elektrizität genommen. Das nur 15 m lange Kettenschleppschiff ist auf der 5500 m langen Strecke, von der 3300 m im Tunnel von Pouilly liegen, wo die Rauchentwicklung einer Dampfmaschine störend sein würde, seit 1893 im Dienst. Die Betriebskraft wird durch Turbinen erzeugt und dem Schlepper durch Drähte zugeführt. Die Betriebskosten betragen 1,101 Pf/tkm.¹⁾

Als Nachteil der Kette sind zunächst die hohen Anlagekosten zu erwähnen, die bei Anwendung von zwei Ketten je einer für Hin- und Rückfahrt um so erheblicher sind. Der Kettenbetrieb ist daher nur bei großem Verkehr lohnend. Ein weiterer Nachteil ist die Abnutzung der Kette namentlich durch das Aufwickeln und durch die Reibung des Sandes und der schließliche Bruch, der immer sehr störend wirkt. Bei Flüssen mit großer Geschiebeführung versandet die Kette leicht. Auch werden durch die Sandbewegungen die Talwege verlegt, so daß die Kette nicht mehr im richtigen Fahrwasser liegt.

Dabei liegt die Kette nicht absolut fest, sondern wird durch den Schlepper verlegt, und zwar in doppelter Weise. Einmal rückt sie in den Krümmungen nach der konkaven Seite und muß dann wieder

¹⁾ La Riviere. Mitteilung zum X. Internationalen Schifffahrtkongress. Mailand 1905.

in die Stromrinne gebracht werden, und zweitens tritt bei einseitigem Verkehr ein Wandern der Kette nach oben hin ein und zwar bei jeder Fahrt um die Differenz der Kettenlänge im gestreckten Zustande und bei dem Gebrauch während der Fahrt. Dieser Fehler läßt sich bei zwei Ketten dadurch vermeiden, das die beiden oberen und unteren Enden mit einander verbunden werden. Die Kette wandert dann im Kreislauf, wodurch wiederum das Auffinden schwacher, zum Bruch neigender Stellen, die sonst meist an bestimmten Flufsstellen liegen, erschwert wird. Bei nur einer Kette hilft die Kettenstückelung, indem ein Stück der Kette von oben durch den mit Propeller talwärts fahrenden Schlepper mitgenommen und unten angesetzt wird.

Der Nutzeffekt der Kettenschiffahrt ist ziemlich hoch und kann bis zu 75⁰/₀ angenommen werden; etwa 15⁰/₀ gehen durch die Maschine mit Vorgelegen und etwa 10⁰/₀ durch die Widerstände der Kette verloren. Ein dauernder Arbeitsverlust entsteht durch das ständige Anheben der Kette. Die Geschwindigkeiten sind verschieden je nach Gröfse der Schlepper und ihres Schleppzuges. Auf der unteren Elbe verkehren die Züge mit 4—4,5, auf der oberen mit 3—4,5 km/Std. Geschwindigkeit.

Der Tauereibetrieb wird meist von Gesellschaften betrieben. Die Schlepplöhne sind häufig durch Tarife geregelt. Die Betriebskosten sind nach Örtlichkeit, Verkehrsgröfse u. s. w. sehr verschieden. Auf der Scheitelhaltung des Kanals von Saint-Quentin betragen sie nur rd. 0,099 Pf./tkm¹). Dabei werden 25 und 10 Fahrzeuge mit im ganzen 7000 und 3000 t Ladung gleichzeitig mit 1,4—1,1 km stündlicher Geschwindigkeit geschleppt. Auf dem Marne-Rhein-Kanal betragen die Kosten 0,176 Pf./tkm, auf dem Kanal von Willebroek 0,32 Pf./tkm²). Auf Flüssen bei der Bergfahrt sind sie aber natürlich erheblich höher. Für die Elbe betragen nach den Angaben der Vereinigten Elbschiffahrts-Gesellschaften die Selbstkosten für das Tonnenkilometer durch schnittlich 0,356 Pf., davon entfallen auf Löhne 52—65⁰/₀, auf Heizungs- und Maschinenmaterial 48 bis 35⁰/₀; Abschreibung und Reparaturkosten sind dabei aber nicht berücksichtigt.

Auch bei diesem System wurde der Versuch gemacht, es zu der in vieler Hinsicht so vorteilhaften Einzelschiffahrt auszubilden. Bouquié schlug schon 1861 vor, die Kähne mit einer beweglichen Dampfmaschine und einer Kettentrommel auszurüsten. Der Erfolg mußte gering sein wegen der Schwere der transportablen Maschine und den verhältnismäßig hohen Betriebskosten derartiger kleiner Maschinen. Bedeutend leichteres Gewicht würde ein Petroleum-, Benzin- oder Spiritusmotor haben, aber auch dann ist das Gewicht noch zu groß.

¹) La Rivière. Mitteilungen zum X. Internationalen Schiffahrtskongrefs. Mailand 1905.

²) Vergl. Stahl. Brennende Fragen zum Bau und Betrieb der Wasserstraßen. Wiesbaden 1886.

Mehr Aussicht auf Erfolg hierin hat die Verwendung der Elektrizität. De Bovet und Büsser schlugen Elektromotoren mit einer Trommel vor, die auf dem Vorderteil des Kahnes auf den Bordwänden angebracht werden sollten. Büsser verwandte ein Kettenrad mit Zähnen, de Bovet wieder die magnetische Adhäsion. Alle diese Systeme der Einzelschiffahrt leiden an dem zu großen Gewicht der transportablen Maschinen, namentlich wenn größere Zugkräfte verlangt werden. Ferner sind an den Enden der Betriebstrecke besondere Magazine für die Maschinen vorzusehen. Auch werden letztere selbst bei einfachster Konstruktion von den Schiffern kaum richtig bedient werden, sodafs ein besonderer Maschinist im Interesse der Erhaltung des Materials doch erforderlich ist.

B. Kette ohne Ende. Um den Nachteil der Versandung und baldigen Abnutzung einer versenkten Kette zu entgehen und dennoch deren Vorteile auszunutzen, kamen Dupuy de Lôme und Zédé auf den Gedanken, eine Kette ohne Ende zu benutzen. Eine in sich geschlossene Kette läuft auf Deck über Rollen, taucht vorn und hinten ins Wasser und liegt auf der Flusssohle. Wird das Seil nun durch Maschinenkraft an Deck nach vorn bewegt, und verhindert ausreichende Reibung ein Gleiten der Kette auf der Flusssohle, so drückt die hinten aufsteigende Kette das Schiff vorwärts. Zwei Ketten auf beiden Schiffsseiten angebracht und besonders angetrieben, ermöglichen zugleich die Steuerung. Wesentlich ist, dafs die Kette entsprechend den verschiedenen Wassertiefen die richtige Lage erhält, damit einerseits Verschlingungen der Kette vermieden werden, andererseits genügend Reibung vorhanden ist. Voraussetzung ist ein feste widerstandsfähige Flusssohle. Zédé fuhr mit seinem Boot auf der Rhone gegen 3 m/sek. Stromgeschwindigkeit an. Die Kette ohne Ende ist danach bei schwierigen Flusstrecken auch bei starker Strömung vorteilhaft zu verwenden. Für Kanäle eignet sie sich nur, wenn diese eine feste, für die notwendige Reibung geeignete Sohle haben. Der Wirkungsgrad ist nicht schlecht und beträgt etwa 60⁰/₀.

C. Betrieb mit Zugseil. Noch eine andere Art der Tauerei hat praktische Anwendung gefunden. Schon 1732 und später 1820 wandten Tourasse und Courteau zur Schiffbewegung das Verfahren an, ein Zugseil dem Schiff voranzutragen, am Ufer mit dem Ende zu befestigen und dann daran das Schiff mit einer Trommel voran zu winden. In neuerer Zeit wurde ein ähnliches Verfahren an der Donau am Eisernen Tor und an der Rhone eingeführt. Beide Flüsse sind an der betreffenden Strecke sehr reifsend, sehr veränderlich in der Tiefe und Geschiebe führend, sodafs eine im Bett dauernd versenkte Kette nicht ratsam erschien. Es wurde daher die Strecke in einzelne Abschnitte geteilt, von denen jeder ein am oberen Ende befestigtes Drahtseil hat. Das andere Ende des Seiles wird von einer Trommel an Bord eines starken Schiffes durch Maschinenkraft aufgewunden

und das Fahrzeug so vorwärts bewegt¹⁾. An der Donau sind die Abschnitte 12—15 km lang, ein Schlepper zieht zwei Kähne von je 300 t an einem 22 mm starken Kabel. Wegen Gefahr des Auflaufens am konvexen Ufer bei Krümmungen ist eine besondere Art der Steuerung und Befestigung der Schleppboote erforderlich. Die Schlepper haben außerdem noch Propeller für die Talfahrt. Der Vorteil dieser Betriebsart liegt darin, daß das Kabel nur auf dem halben Verdeck liegt, nicht dauernd im Wasser bleibt und daher geschont wird.

IV. Der Motor befindet sich auf dem Lande und zieht den Kahn mittels einer Treidelleine.

Der Leinenzug vom festen Lande ist deswegen sehr günstig, weil die Maschinen hier einen guten Nutzeffekt haben. Erforderlich sind besondere Leinpfade, die an Kanälen fast immer, an Flüssen häufig vorhanden, an letzteren allerdings meist bei höheren Wasserständen unbenutzbar sind. Die Zugmaschinen laufen entweder direkt auf der Decke des Treidelweges oder auf einem besonderen Gleise bzw. Gestänge. Jede Zugmaschine hat entweder eine eigene Kraftquelle oder es erfolgt die Zuführung der Energie elektrisch von einer Zentralstation aus. Während im ersten Falle zur wirtschaftlichen Ausnutzung wiederum große Maschinen und demgemäß der Bildung von Schleppzügen vorzuziehen sind, ermöglicht der elektrische Antrieb die Einzelschiffahrt, da der in jedem Fall aufzuwendende Energieverbrauch dem Bedürfnis angepaßt werden kann.

Sind keine besondere Gleise vorhanden, so ist der Nutzeffekt der Zugmaschine wesentlich abhängig vom Zustand des Treidelweges. Je ebener und gleichmäßiger er ist, um so weniger Kraft erfordert die Eigenbewegung der Lokomotive, und um so größer ist die nutzbare Zugkraft. Ein gleichmäßiger fester Treidelweg mit möglichst wenig Steigung vermehrt also den Wirkungsgrad, erfordert aber ganz bedeutende Ausgaben für Anlage und Unterhaltung. Allerdings verlangt die verminderte Reibung wiederum zur Erzielung der notwendigen Adhäsion schwerere Maschinen.

A. Das elektrische Pferd. Praktische Anwendung hat die elektrische Lokomotive ohne Schienen in Frankreich gefunden. Die Zugmaschine ist ein Wagen mit drei breiten Rädern, von denen das vordere an der lenkbaren Laufachse, die beiden hinteren an der Triebachse sitzen. Der elektrische Strom wird einem Leitungsdraht entnommen.

Dieses sogenannte elektrische Pferd (*cheval électrique*) nach dem System Galliot-Denève ist auf den nördlichen Kanälen Frankreichs seit 1897 mit Erfolg im Betriebe. Es wiegt 1,5 t, zieht auf dem

¹⁾ Vergl. die Mitteilungen von Lombard-Gerin und Egon zum VIII. Internationalen Schiffahrtskongress. Paris 1900.

Kanal d'Aire et de la Deule ein bis zwei Schiffe von 290 t Tragfähigkeit und entwickelt Zugkräfte bis etwa 700 kg bei höchstens 3 km stündlicher Geschwindigkeit. Ein ähnlicher Betrieb in Belgien auf dem Kanal Charleroi mit Zugmaschinen nach der Bauart des Ingenieurs Léon Gérard wurde wegen Unwirtschaftlichkeit bei dem geringen Verkehr wieder eingestellt. Nach zahlreichen Versuchen gibt Mollard bei einer Zugkraft von 600—700 kg und 0,8 m sekundlicher Geschwindigkeit einen mittleren Wirkungsgrad von 0,475 an. Nach La Rivière beträgt er im Mittel nur 40^{0/0}¹⁾.

Ein Vorteil dieser Maschinen liegt in ihrem leichten Gewicht bei verhältnämsig hohen Zugkräften und in der Billigkeit der Anlage wegen Fehlens einer besonderen Gleisanlage. Die Betriebskosten betragen nach La Rivière 0,235 Pf. tkm.

Trotzdem lag es nahe, die Zugmaschine auf Schienen zu setzen aus folgenden Gründen:

- a) die Unterhaltung eines Schienengleises ist viel billiger als die einer festen, gut abgewalzten Leinpfaddecke,
- b) durch die unvermeidlichen Stöße werden die elektrischen Pferde abgenutzt,
- c) bei Schienenbetrieb kann eine gröfsere Geschwindigkeit entwickelt und daher an Betriebsmitteln und an Löhnen gespart werden.
- d) der Wirkungsgrad ist bei Schienenbetrieb höher.

Allerdings setzte dies schwerere und damit auch teurere Maschinen voraus, falls die Zugkraft durch natürliche Adhäsion erreicht werden sollte. Denn der Adhäsionskoeffizient beträgt nur etwa 12 bis 16^{0/0}, bei feuchten Schienen noch weniger. Dazu kommt, dafs zur Erteilung der Beschleunigung beim Anfahren höhere Zugkräfte notwendig sind, als während der Fahrt. Doch wurden diese Zugkräfte anfänglich überschätzt, und die hohen Angaben der Dynamometer waren auf eine unzweckmäfsige Verteilung des Kraftaufwandes beim Anfahren zurückzuführen. Dieser mufs dem Widerstande des Schiffes angepafst, d. h. allmählich entsprechend der Geschwindigkeitszunahme gesteigert werden. Die von Léon Gérard auf dem Kanal de Charleroi angestellten Versuche ergaben denn auch, dafs bei natürlicher Adhäsion selbst mit leichteren Maschinen grofse Zugleistungen erreicht werden können.

B. Dampflokomotiven. Der Versuch, Dampflokomotiven auf Schienen dem Schiffszug dienstbar zu machen, wurde verschiedentlich angestellt. Lohnend kann er nur sein bei starken Maschinen, wenn deren Kraft voll ausgenutzt wird. Dies bedingt aber wiederum das Bilden von Schleppezügen und schliefst die Einzelschiffahrt aus. Die schweren Maschinen erfordern fest und sicher verlegte Schienen,

¹⁾ Vergleiche die entsprechenden Mitteilungen zum IX. und X. Internationalen Schifffahrtkongrefs Düsseldorf-Mailand.

schwere Treidelbrücken und mäfsige Steigungen. Zu den hohen Unterhaltungskosten für Gleise, Lokomotiven und die vielen notwendigen Nebenanlagen kommen beträchtliche Betriebskosten, die noch dadurch erhöht werden, dafs bei geregelter Betriebe stets geheizte Lokomotiven mit Bedienung verfügbar sein müssen.

Anwendung fand der Schiffszug mit Dampflokomotiven auf den Zweigkanälen der Deule auf einer Gesamtlänge von 80 km¹⁾. Die 6—11 Tonnen schweren Lokomotiven schlepten bis zu 1000 t bei 2 km stündlicher Geschwindigkeit. Die Betriebskosten stellten sich auf 0,32 Pf. ohne und 0,48 Pf. mit Unterhaltungskosten. Jedoch konnte die Gesellschaft nicht bestehen und mußte 1886 liquidieren. —

Auch am Oder-Spree-Kanal war eine Versuchsstrecke von 3 km Länge 4 Monate im Betriebe²⁾. Da die Treidelleine durch den schrägen Zug das gehende Werk der Maschine zu sehr abnutzte, wurde ein besonderer Zugwagen an die Lokomotive gehängt. Es wurden 4 auch 6 beladene Kähne mit Geschwindigkeit bis zu 2 m/sek. geschleppt, doch schien es zweckmäfsig, die Geschwindigkeit nicht über 1 m/sek. zu steigern. Die Kosten, soweit sie sich aus derartigen Versuchen bestimmen lassen, waren ziemlich hoch und stellen sich auf etwa 0,7 Pf. für das Tonnenkilometer.

Versuche mit einer einschienigen Zugmaschine genannt Isopédin³⁾, wurden in Löven von der Société Dyle et Bacalan angestellt. Die Trag- und Triebräder haben doppelte Spurkränze. Zur Erzielung des Gleichgewichtes ist auf jeder Seite ein auf den Boden laufendes Stützrad angebracht. Als Triebkraft kann jeder Motor eingebaut werden. Ein Vorteil liegt in der Billigkeit der Anlage, da nur eine Schiene verlegt wird.

C. Elektrische Lokomotiven. Die Einzelschiffahrt wird wiederum durch Verwendung elektrischer Energie ermöglicht. Wollheim (D. R. P. Nr 66 603) schlug vor, auf dem Schiff einen Akkumulator unterzubringen und daraus den Schleppwagen auf dem Treidelweg zu speisen. Ein schwerwiegender Nachteil liegt in der Belastung des Fahrzeuges mit der Akkumulatorbatterie, und in dem Zeitverlust, der durch das Laden der Batterie bedingt wird.

Viel günstiger sind die Ergebnisse, wenn der Strom einer den Treidelweg entlang geführten elektrischen Leitung entnommen wird. Mit derartigen elektrischen Lokomotiven wurden 1902 von Léon Gérard auf dem Kanal de Charleroi günstig verlaufene Versuche angestellt. 1904 wurden Versuche mit einer auf Schienen laufenden elektrischen Zugmaschine bei Douai gemacht. Die Lokomotive wog 8 t und hatte zwei Gleichstrommotoren von je 20 P. S. Es wurde ein mittlerer

¹⁾ Siehe Zentralblatt der Bauverwaltung 1885 No. 33.

²⁾ Bellingrath und Dieckhoff. Mitteilung zum IV. Internationalen Schifffahrtkongress. Paris 1892.

³⁾ Snyers Bericht zum X. Internationalen Schifffahrtkongress. Mailand 1905.

Wirkungsgrad von 0,675 festgestellt bei etwa 3 km/Std. Geschwindigkeit. Die Versuche waren so befriedigend, daß die Elektrizitäts-Gesellschaft des Nordens die Genehmigung nachgesucht hat, dieses System auf weiteren Kanalstrecken einzuführen.

D. System K ö t t g e n. Bereits 1899 erprobte Köttgen am Finow-Kanal derartige Lokomotiven. Diese Versuche führten, von Siemens & Halske vervollständigt, allmählich zu der von den Siemens-Schuckert-Werken am Teltow-Kanal erbauten elektrischen Treidelanlage. Die Entwicklung war kurz folgende:

Köttgen sah ursprünglich nur eine kräftige Schiene von 20 kg/lfd. m Gewicht auf der Außenseite des Leinpfades vor. Diese Schiene trug etwa 80 % des Gewichts der unsymmetrisch gebauten Maschine und nahm durch die Spurkränze der Räder die seitliche Komponente des Seilzuges auf. Auf der Wasserseite befanden sich breite Laufräder, die zuerst auf der Leinpfaddecke, später auf einer schwachen Nebenschiene liefen. Die 2 t schweren Maschinen entwickeln bei 4,5 km stündlicher Geschwindigkeit eine Zugkraft von 600 kg. Der Gleichstrommotor mit Hauptstromwicklung ermöglichte bei Leerfahrten eine Geschwindigkeit von 8—9 km/Std. Ursprünglich war künstliche Adhäsion mittels einer Zahnstange vorgesehen, doch erwies sich später die durch Eigengewicht erzielte Reibung als ausreichend. Das Treidelseil griff 1 m über dem Gleis an.

Auf Grund der Versuchsergebnisse wurde dann von Siemens & Halske eine neue Lokomotive gebaut. Sie läuft auf zwei Schienen von 10 kg/lfd. m bzw. 5 kg/lfd. m Gewicht, die mit 1 m Spurweite auf Holzschwellen liegen und vom Erdreich umgeben sind. Die äußere Hauptschiene trägt 85 % des Lokomotivgewichtes. Auf der Nebenschiene laufen zur Sicherung der Standfestigkeit breite Nebenräder. Bei 2,5 t Gewicht der Lokomotive und 4,5 km/Std. Geschwindigkeit wurde eine Zugkraft von 500 kg entwickelt. Ein beweglicher Treidelmast mit einer Seilauflaufvorrichtung ermöglichte es, den Angriffspunkt des im allgemeinen 1 m über Schienenoberkante liegenden Treidelseiles auf 2 m Höhe zu heben.

Ganz ähnlich war der Entwurf, den genannte Firma anlässlich des Preisausschreibens für den Teltow-Kanal einreichte, und der mit dem ersten Preise ausgezeichnet wurde. Vorgesehen waren zwei Schienen von 16 kg/lfd. m bzw. 6 kg/lfd. m Gewicht bei 1 m Spurweite. Auf die Hauptschiene entfielen wiederum 85 % des Gesamtgewichtes von 7 t, also rund 6 t als Adhäsionsgewicht. Die Triebräder haben doppelten Spurkranz, während die Laufräder mit breiten Felgen auf der Nebenschiene rollen. Bei dem zu hoch angenommenen Koeffizienten von 0,25 wurde eine Zugkraft von 1500 kg berechnet. Der Antrieb erfolgt durch 2 Gleichstrommotoren mittels Vorgelege auf die von einander unabhängigen Triebräder. Eine mit Hand zu bedienende Seiltrommel ermöglicht ein Auf- und Abrollen der Treidel

leine. Auf der dem Kanal abgewendeten Seite war ein Mast mit einem in senkrechter Richtung verstellbaren Seiltrichter angebracht, durch den der Angriffspunkt des Treidelseiles um 1 m nach oben verschoben werden konnte. Außerdem aber war an den Stellen starken Verkehrs, wo durch begehende oder liegende Kähne der freie Gang der Treidelleine behindert war, eine Erhöhung des Treidelweges durch hölzerne oder massive Aufbauten in Vorschlag gebracht. Für die Überschreitung der Hafeneinfahrten waren leichte eiserne Brücken (bis 85 m Spannweite) geplant. Die Schleppkosten wurden unter Abwägung aller mitsprechenden Verhältnisse berechnet zu 0,8 Pf/tkm bei einem Jahresverkehr von 1,5 Millionen t und zu 0,45 Pf/tkm bei einem Verkehr von 4,5 Millionen t. Dabei ist der Preis für die Kilowattstunde mit 9 Pf. in Ansatz gebracht. Der Wirkungsgrad einschließlich Bahnwiderstand soll je nach Ausnutzung der Zugkraft bis 65 $\frac{0}{100}$ betragen.

Nach den Ergebnissen des Preisausschreibens wurde dann eine neue, den besonderen Verhältnissen des Teltow-Kanals angepaßte Lokomotive konstruiert und auf einer bereits fertigen Versuchsstrecke des Kanals erprobt. Die Lokomotive ist seit 1905 im Betrieb und entsprach den gestellten Erwartungen.

Auf beiden Kanalufeln liegt ein Gleis bestehend aus Vignoles-Schienen von 20 kg/lfd. m Gewicht, die auf eiserne Querschwellen mit 1 m Spurweite verlegt sind. Da die Lokomotiven infolge der doppelgleisigen Anlage nur in einer Richtung schleppen, wurde zur Erhöhung der Standsicherheit in der Fahrrichtung das Gewicht so verteilt, daß von dem Gesamtgewicht von 6,4 t auf das vordere Drehgestell 5,6 t d. h. 87,5 $\frac{0}{100}$ entfallen. Der Angriffspunkt der Schlepptrasse konnte infolge dessen 3,75 m über Schienen oberkante gelegt werden. Dies erleichtert wesentlich die Überführung des Schleppseiles über die am Ufer liegenden Kähne. Bei Hafen sind wiederum Brücken mit Rampen zur Hochführung der Maschinen vorgesehen. Der zum Aufrichten und Niederlegen am hinteren Ende der Lokomotive auf der Landseite angebrachte Treidelmast hat oben einen Trichter, durch den die Treidelleine gezogen ist. Letztere geht über eine Seiltrommel und läuft infolge Anordnung einer Reibungskuppelung selbsttätig ab, wenn die Zugkraft 1200 kg übersteigt. Die beiden Achsen des Drehgestelles werden von je einem 8pferdigen Gleichstrommotor angetrieben. Der Gleichstrom von 550 bis 600 Volt wird der Oberleitung durch Bügel entnommen und durch die Schienen zurückgeleitet. Der Wirkungsgrad ergab sich aus Versuchen zu 61,5 $\frac{0}{100}$. Auf einer besonders günstigen 8 km langen, geraden Kanalstrecke wurden sogar aus 24 im Oktober 1906 ausgeführten Versuchen 76 $\frac{0}{100}$ im Mittel festgestellt.¹⁾ Wenn dieser Nutzeffekt im gewöhnlichen

¹⁾ Elektrotechnische Zeitschrift 1906 Heft 22—25. Glasers Annalen vom 1. Dezember 1906.

praktischen Betriebe auf allen Kanalstrecken auch nicht zu erwarten ist, so ergibt sich doch für diese Art der elektrischen Treidelei ein recht hoher Wirkungsgrad. Zu beachten ist aber dabei, daß diese Wirkungsgrade das Verhältnis der der Leitung seitens der Zugmaschine entnommenen Arbeit zur Zugleistung darstellen. Will man einen Vergleich mit den früheren Systemen (Schraube-Kette) anstellen, so sind noch die Verluste in der Kraftstation und der Leitung zu berücksichtigen und mit etwa 12 bis 20 % in Abzug zu bringen.

Die tatsächlichen Zugkosten für das geschleppte Tonnenkilometer Nutzlast lassen sich mit Sicherheit erst nach längerem Betriebe feststellen. Unter Zugrundelegung der oben für den Dampfschleppbetrieb gemachten Annahmen berechnet Schinkel¹⁾ die Zugkosten pro netto Tonnenkilometer zu 0,445 bis 0,119 Pf. bei 5 km/Std. und zu 0,435 bis 0,113 bei 4 km/Std. Geschwindigkeit für einen Verkehr von 1 bis 10 Millionen t.

Für die neuen preussischen Kanäle hat genannte Firma einen Entwurf aufgestellt, der dem am Teltow-Kanal ausgeführten System entspricht. Nach den angestellten Berechnungen²⁾ sollen die Betriebskosten betragen:

Für den erstmaligen Verkehr (4 Millionen t) 0,240—0,276 Pf./tkm, je nach Art der Kanalstrecke,

für den entwickelten Verkehr (10 Millionen t) 0,144—0,195 Pf./tkm. Sympher³⁾ ermittelt unter Zugrundelegung des genannten Entwurfs die Kosten bei Tagesbetrieb zu 0,224—0,154 Pf./tkm, bei Tag- und Nachtbetrieb zu 0,190—0,154 Pf./tkm bei einem Verkehr von 3,3 bzw. 7,62 Millionen t.

Thiele⁴⁾ kommt in einer ökonomischen Studie zu folgenden Betriebskosten:

0,327 Pf./tkm	bei einem Verkehr von	2 Millionen t.
0,188	„ „ „ „ „ 4	„ t.
0,171	„ „ „ „ „ 8	„ t.

Es ist wohl anzunehmen, daß die Erfolge der Treidelanlage im Laufe der Zeit günstige sein werden, denn diese ist allen Anforderungen entsprechend durchgebildet, durch Versuche erprobt und mit großen Mittel ausgeführt. Dazu kommt der durch das Monopol gewährleistete, systematische Betrieb des ganzen Kanalverkehrs. Trotzdem steht aufser allem Zweifel, daß dieser Art des Schleppbetriebes große grundsätzliche Nachteile anhaften, nämlich folgende:

1. Die ganz bedeutenden Anlagekosten. Sie kommen schon im Grunderwerb zum Ausdruck. Denn der Leinpfad

¹⁾ Dr. ing. Schinkel, Der elektrische Schiffszug, Jena 1906.

²⁾ Kötgen, Mitteilung zum X. Internationalen Schiffahrtskongress, Mailand 1905.

³⁾ Zeitschrift für Bauwesen 1907 S. 579.

⁴⁾ Thiele, Mitteilung zum X. Internationalen Schiffahrtskongress, Mailand 1905

mufs verhältnismäßig breit angelegt werden, falls nicht jeder andere Verkehr als der der Schlepplokomotiven auf ihm unterbleiben soll. Letzteres dürfte aber auch beim monopolisierten Betriebe kaum durchführbar sein, da ein Längsverkehr auf dem Lande namentlich bei lebhaftem Betrieb auf kurzen Strecken von Ort zu Ort unerlässlich ist. Sehr teuer ist die Gleisanlage, die bei Verwendung von 6—8 t schweren Maschinen und infolge der Angriffe, die durch die senkrechten und wagerechten Seitenkomponenten der Schlepptrasse hervorgerufen werden, sorgsam auf Schwellen in Kiesbettung herzustellen ist. Natürlich sind auch Drehscheiben, Weichen, Aufstellgleise usw. vorzusehen. Die Leitungsanlage erfordert hölzerne oder eiserne Masten nebst Drähten für Hochspannungs- und Fahrleitung mit Isolatoren, Querverbindungen, Schutzvorrichtungen und dergl. Die Anzahl der Lokomotiven mufs namentlich beim monopolisierten Betriebe dem Höchstbedarf angepaßt werden. Notwendig ist daher eine bedeutende Reserve, für die wiederum umfangreiche Schuppen und Reparaturwerkstätten zu errichten sind. An Häfen und Liegestellen mufs das Gleis hochgeführt werden. Dies erfordert Kunstbauten und zum Teil weitgespannte Brücken. Zu berücksichtigen ist, daß derartige Bauten auch nachträglich bei jedem Hafen für ein sich später ansiedelndes industrielles Werk herzustellen sind, und daher die Anlage solcher Werke verteuern. Für den Teltow-Kanal betragen nach einem vorläufigen Ueberschlag¹⁾ die Kosten für die elektrische Treidelei 2,518,000 Mk. d. h. rund 80,000 Mk. für das Kilometer Kanalstrecke. In dieser Summe sind aber die Kosten des elektrischen Kraftwerkes mit 1,272,000 Mk. nicht enthalten. Zum Vergleich sei angeführt, daß z. B. für Uferbefestigungen nur 1,470,000 Mk. ausgegeben wurden. Wenn auch beim Teltow-Kanal diese Kosten zum Teil durch die dortigen Verhältnisse bestimmt sind, so werden sie doch auch für jeden anderen Kanal doch noch eine ganz bedeutende Höhe erreichen. Allein für die zweiseitige Gleis- und Leitungsanlage sind 40,000 bis 50,000 Mk. durchschnittlich für das km zu rechnen ohne Grunderwerb und ohne Kosten für Herstellung des Leinpfadammes selbst. Dazu kommen noch die nach der Verkehrsgröße sich richtenden Kosten für die Gebäude und für die Stromerzeugung sowie für die Betriebsmittel.

In dem oben erwähnten Entwurf für die neuen preussischen Kanäle werden die Anlagekosten der Treidelei für das Kilometer Kanallänge zu 73,000 Mk., 66,200 Mk. und 60,200 Mk. je nach Beschaffenheit der Kanalstrecke berechnet. Unter Berücksichtigung der Länge der Strecken ergibt sich ein Durchschnittspreis von rund 63,700 Mk.

2. Die hohen Betriebskosten. Hochgetrieben werden diese durch die Unterhaltung und Erneuerung der Gleis- und Leitungs-

¹⁾ Zeitschrift für Bauwesen 1906 S. 668.

anlage sowie der Lokomotiven. Für die Führung der letzteren muß ein geschultes Personal angestellt werden. Andernfalls würde die im Interesse der Unterhaltung wünschenswerte und für die Sicherheit des Schleppverkehrs erforderliche sachgemäße Bedienung der Maschinen fehlen. Ein ausgebildetes Personal verlangt aber entsprechende Besoldung. Wie die Zahl der Lokomotiven, so muß natürlich auch die ihrer Führer dem Höchstbedarf angepaßt werden. Die Besoldungen entsprechen daher nicht den durchschnittlichen Leistungen, sondern sind weit höher, da während des größten Teiles des Betriebsjahres die Führer nicht ausgenutzt werden können. Ihre zeitweise Beschäftigung mit Reinigungs- und Ausbesserungsarbeiten in den Schuppen kann nur ein Notbehelf sein, der die Betriebskosten nur unwesentlich verringert. Die Selbstkosten dieses Schleppbetriebes müssen daher verhältnismäßig hoch sein. Am höchsten stellen sie sich natürlich bei schwachem Verkehr. Je mehr dieser steigt, um so mehr kann die ganze Anlage ausgenutzt werden, und um so mehr sinken die tonnenkilometrischen Kosten. Bei schwachem Verkehr ist daher der beschriebene elektrische Schleppbetrieb mit Lokomotiven teurer, als die oben unter II und III beschriebenen Systeme; er wird erst bei sehr starkem Verkehr billiger als diese.

3. Die tote Last der Schlepplokomotive. Da die nutzbare Zugkraft an den Kähnen durch Vermittelung der Lokomotiven ausgenutzt wird, müssen letztere ständig als tote Last mitgeschleppt werden und verbrauchen für die Eigenbewegung Energie. Die Größe dieses Verbrauches ist durch den Wirkungsgrad gegeben. Nun betrug derselbe allerdings bei einem Versuch unter günstigsten Umständen 76 $\%$. Unter normalen Betriebsverhältnissen wird aber bei Berücksichtigung der Arbeitsverluste in den Kurven, bei häufig feuchten mit Gras, Laub und dergl. verunreinigten Schienen mit höchstens 65 $\%$ dauernd zu rechnen sein. Etwa $\frac{1}{3}$ der der Leitung entnommenen Energie geht also für die Zugleistung verloren. Die Verluste werden durch den Maschinenwiderstand des Motors, durch die Umsetzung der schnellen Umdrehungen desselben in die langsame der Triebräder und durch den Fahrwiderstand der Lokomotive bedingt. Bei Steigungen im Leinpfad muß der Wirkungsgrad noch herabgehen, da ein Teil der Kraft zur Hebung der Lokomotive verwendet wird, und das für die Adhäsion in Frage kommende Gewicht entsprechend der Bahneigung abnimmt. Die ausgeübten Zugkräfte sind dann also geringer. Steigungen in der Längsrichtung des Leinpfades sind aber auch bei langen Kanalhaltungen aus baulichen Gründen nicht zu umgehen. Auch sind sie bei allen Hochführungen des Treidelweges an Häfen und Liegestellen unvermeidlich. Auf eine nennenswerte Rückgewinnung bei fallender Bahn wird im praktischen Betrieb kaum zu rechnen sein. Am Abend müssen die Lokomotiven in den Schuppen zurück und am Morgen zur Gebrauchsstelle hinfahren. Viele Leerfahrten sind außerdem im Betriebe notwendig. Da alle diese Fahrten Strom ver-

brauchen, und hierzu noch die Verluste in den Zentralen und Leitungen kommen, so wird der Wirkungsgrad erheblich kleiner. Denn maßgebend für die Beurteilung ist nicht der an der einzelnen Maschine festgestellte Wirkungsgrad, sondern der der gesamten Anlage, der durch das Verhältnis der im ganzen geleisteten Schlepparbeit zu der im ganzen verbrauchten elektrischen Energie gegeben ist. Dieser wird aber weit geringer sein, sodafs dieser Schleppbetrieb in dieser Hinsicht keineswegs so günstig ist, als es auf dem ersten Blick erscheint.

4. Die schräge Zugrichtung der Schlepptrasse. Sie bedingt eine seitliche Komponente der Zugkraft, die, ohne nützliche Arbeit zu verrichten, von der Lokomotive mit geleistet werden muß. Es steht noch dahin, welchen Einfluß der dauernde seitliche Zug, der immer in derselben Richtung wirkt, auf Gleis und Lokomotive haben wird. Die Abnutzung des gesamten Oberbaues wird aber sicher eine gröfsere sein. Auch sei darauf hingewiesen, dafs bei den Versuchen mit Dampflokomotiven am Oder-Spree-Kanal sich die Einschaltung eines besonderen Anhängewagens zur Schonung des Gehwerks der Lokomotive als erforderlich erwiesen hat. Die Verlängerung der Schlepptrasse ist nach den Versuchen von Haak nur unwesentlich auf die Zugkraft, hat dagegen allerlei andere Erschwernisse im Gefolge. Die Nachteile des schrägen Zuges vermehren sich noch in scharfen Krümmungen, wo der Winkel zwischen Fahrrihtung der Lokomotive und Richtung der Schlepptrasse gröfser wird. Es werden daher gerade in den an und für sich schon empfindlichen Gleiskrümmungen Schädigungen am meisten eintreten.

5. Der behinderte Verkehr auf dem Leinpfad. Es ist fraglos, dafs für den Längs- und namentlich für den Querverkehr der Schienenstrang mit Kiesbettung an und für sich schon ein Hindernis bildet, das durch die Leitungsanlage mit Masten und Drähten und durch die fahrenden Lokomotiven noch vergrößert wird. Ein ungehinderter Lade- und Löschietrieb kann nur in den Häfen sich abspielen, wo der Treidelweg auf Brücken hochgeführt wird. Am Teltow-Kanal sind z. B. bis jetzt acht derartige Leinpfadbrücken gebaut. Sie haben meist drei Öffnungen, deren mittelste 33 bis 56 m Lichtweite aufweist. Der Übergang wird durch Rampenanlagen bewerkstelligt. Wie soll aber ein ungestörter Verkehr von Land zu Schiff und umgekehrt auf den freien Kanalstrecken stattfinden? Und doch muß mit diesem gerechnet werden, denn für die zahlreichen kleineren Fabriken und Werke, deren Wasserfracht sich nicht auf grofse Massengüter erstreckt, kann unmöglich je ein besonderer Hafen mit überbrücktem Eingang angelegt werden. Hier würde eine den Bedürfnissen angepaßte Liegestelle ausreichen. Die Besiedelung mit zahlreichen derartigen Industrien ist doch aber anzustreben und in jeder Weise zu fördern. Es würde meist zu teuer werden, an diesen Liegestellen das Gleis mit Kunstbauten hochzuführen. Andernfalls aber ist der Lade- und Löschietrieb sehr behindert. Auch ist nicht

aufser Acht zu lassen, daß die Drahtleitungen bei Fabriken, wo Hantierungen aller Art vorkommen, große Gefahren mit sich bringen. Die Hochspannleitung ließe sich ja ohne Schwierigkeiten unterirdisch führen, nicht so leicht aber die Fahrleitung. Diese Gefahren liegen zum Teil auch auf freier Strecke vor. Die Fahrleitung muß unter den Brücken hindurchgehen. Bei einem Lichtmaß von 4 m über dem Wasserspiegel bleiben dann z. B. bei einer Höhe des Leinpfades von 1,50 m nur 2,50 m Spielraum zwischen Schiene und Leitung, was im Interesse der Sicherheit des Verkehrs auf dem Leinpfad zu wenig ist. Bei der ziemlich hohen Lage des Angriffspunktes der Schlepptrasse an den Lokomotiven von 3,75 über S. O. wird die Zugleine wohl in den meisten Fällen über die am Ufer liegenden Kähne hinweggeführt werden können. Schwierigkeiten wird dies nur bei mit sperrigen Gütern hochbeladenen Kähnen machen. In dem Fall ist man auf die Mithilfe der fremden Kahnschiffer angewiesen, die wohl auch nicht immer gerne geleistet wird.

6. Die Unmöglichkeit der Anwendung des Systems auf breiten Wasserflächen. Auf ihnen muß der Leinpfad auf Stützen gelegt werden, was meist an den Kosten scheitern wird. Am Teltow-Kanal wurde daher auf den seeartigen Erweiterungen ein Schleppbetrieb mit Dampfbooten eingeführt.

7. Die Schwierigkeit der Verständigung zwischen Lokomotivführer und Schiffer. Es sind immer zwei Personen, die den Schleppzug an der Maschine und am Steuer führen. Mißverständnisse sind bei der gegenseitigen Entfernung von etwa 100 m nicht ausgeschlossen, selbst wenn eine Verständigung durch Zeichen usw. vereinbart wird.

Zur Vermeidung der angegebenen Nachteile, die der Schleppbetrieb mit elektrischen Adhäsionslokomotiven auf Schienen an und für sich hat, wurden verschiedene Vorschläge gemacht, die zum Teil auch praktische Anwendung fanden. Sie erstrebten der Hauptsache nach folgendes:

a) Leichteres Gewicht der Zugmaschinen. Bei gleichen Zugleistungen muß dann die natürliche Adhäsion durch künstliche ersetzt oder verstärkt werden. Die leichten Lokomotiven bzw. Laufkatzen brauchen keinen so schweren Ober- und Unterbau. Ferner ist der Eigenwiderstand geringer und die Hebearbeit in Steigungen kleiner. Es wird also in Anlage und im Betriebe an Kosten gespart. Dabei tritt bei den meisten Systemen das Bestreben zu Tage, den Adhäsionsdruck und damit den Eigenwiderstand von der jeweiligen Zugkraft am Treidelseil abhängig zu machen, um dadurch einmal die erforderliche Größe derselben zu sichern und zum andern durch Beschränkung des Druckes auf das kleinste erforderliche Maß den Bahnwiderstand denkbar niedrig zu halten.

b) Freihaltung der Treidelwege.

In Betracht kommen folgende Systeme:

E. System Vering¹⁾ (D. R.-P. 106 443). Charakteristisch ist die Schrägstellung der Triebräder und damit auch der Triebachsen. Dadurch wird der Adhäsionsdruck infolge Keilwirkung vergrößert. Auch wird die seitliche Komponente der Zugkraft gut aufgenommen. Das System kann einschienig oder zweischienig ausgeführt werden, siehe Fig. I u. II. Versuche im Jahre 1899 auf einer Probestrecke

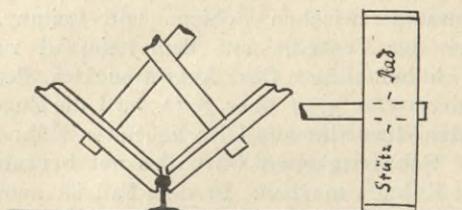


Fig. I.

ergaben einen Wirkungsgrad von nur 26,5⁰/₁₀. Allerdings war die Maschine aus Altmaterial zusammengesetzt und konnte in ihren Leistungen nicht voll ausgenutzt werden. Sie lief auf zwei gleichfalls schräg gestellten Schienen.

Unter normalen Verhältnissen sollten 45⁰/₁₀ erzielt werden. Für den Teltow-Kanal hatte die Firma Ganz & Co. einen Entwurf nach System

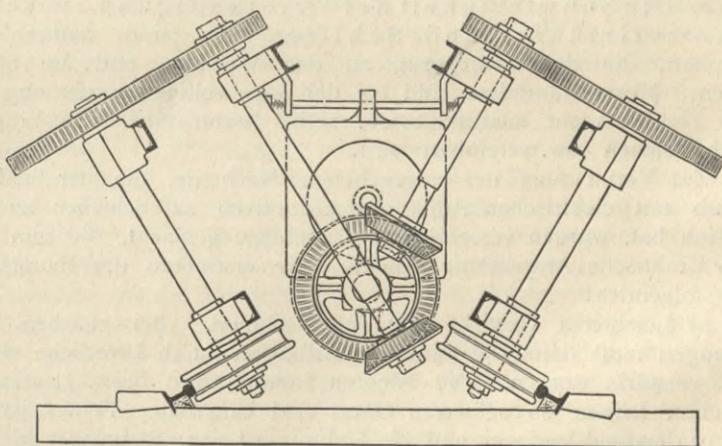


Fig. II.

Vering aufgestellt. Vorgesehen war eine Schiene für die Triebräder, und auf der Kanalseite noch ein Stützrad mit breiter Felge. Die Lokomotive wog nur 2,5 t. Die schräge Anordnung der Räder und Achsen bedingt eine sehr verwickelte Bauart der Lokomotiven.

¹⁾ Zeitschrift für Binnenschifffahrt 1901. Heft 11.

F. S.y'stem Feldmann¹⁾ siehe Fig. III. Das Gleis besteht aus zwei Laufschiene mit 60 cm Spurweite und einer dritten Druck-

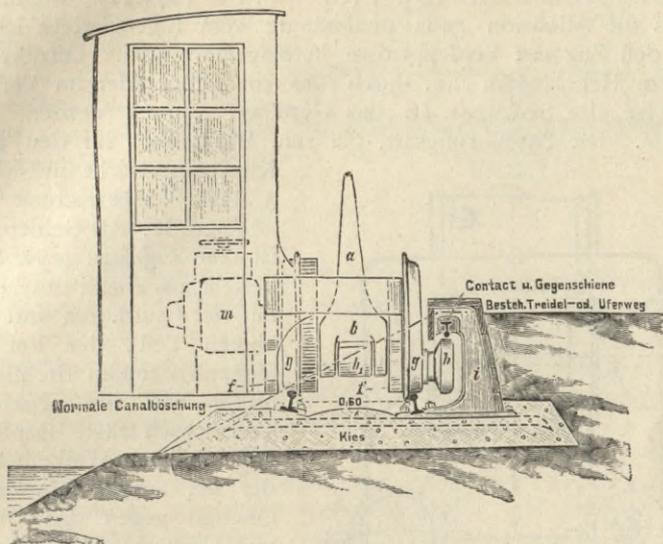


Fig. III.

schiene, die landwärts mit dem Kopfe nach unten etwa 20 cm über der Oberkante der Laufschiene liegt. Diese Gegenschiene ist an Böcken befestigt, die mit den Schwellen steif verbunden sind, sodafs alle drei Schienen eine unverrückbare Lage zu einander haben. Die Schlepptrasse greift an einem Hebel an, der eine Druckrolle an die Gegenschiene preßt und zwar im Verhältnis zu der Zugkraft. Als Leitung dient die isolierte Druckschiene, als Rückleitung die Laufschiene. Es ist also keinerlei Drahtleitung erforderlich. Die Gegenschiene gibt der Lokomotive eine große Standsicherheit, sodafs es möglich ist, eine schmale Spur anzuwenden. Daher nimmt die Anlage wenig Platz in Anspruch und kann in den Kanalböschungen eingebaut werden. Der Treidelweg und selbst der Luftraum darüber bleiben dann für jeden Verkehr frei; ein ungehinderter Verkehr von Land zu Schiff ist aber auch hier nicht möglich. Schwierigkeiten bildet die dauernde Isolierung der stark beanspruchten Gegenschiene, sodafs namentlich durch die Feuchtigkeit der dem Luftzuge entzogenen Kontaktschiene Stromverluste zu befürchten sind. Auch ist die Gleisanlage mit den Böcken recht teuer. Der Vorteil des freien Ufers fällt fort in flachem Gelände ohne ausreichende Böschung. Das

¹⁾ Zentralblatt der Bauverwaltung 1901. Elektrotechnische Zeitschrift 1902. S. 699.

System ist praktisch noch nicht ausgeführt. Bei dem Preisausschreiben für den Teltow-Kanal erhielt es den zweiten Preis.

G. System Rudolph¹⁾ (D. R.-P. No. 107421). Bezeichnend ist, daß die Adhäsion ganz unabhängig vom Eigengewicht lediglich durch den Zug der Schlepptrasse herbeigeführt wird. Letztere greift an einem Hebelsystem an, durch das die Druckräder im Verhältnis zur Größe des Seilzuges an das Gestänge gepreßt werden. Siehe Figur IV. Die Ausführungsart, die zum Wettbewerb für den Teltow-

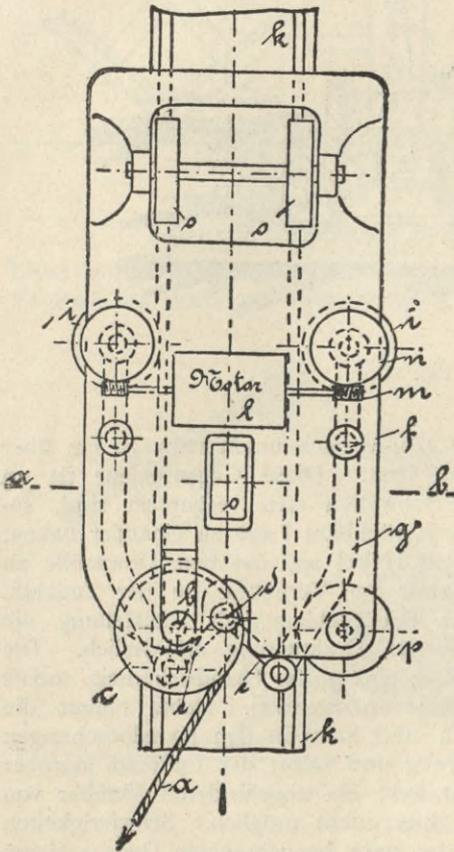


Fig. IV.

Kanal eingereicht und mit dem 3. Preis ausgezeichnet wurde, ist folgende: Als Schleppmittel ist eine Zugkatze gewählt. Sie besteht aus einem unteren Teil mit vier Laufrädern und einem oberen Teil, der um einen lotrechten Zapfen drehbar den Motor und die senkrechten Treibachsen trägt. Der Seilzug greift an einem Winkelhebel an, der bei ausgeübtem Zug das Oberteil gegen das Unterteil und Gestänge etwas verdreht, sodafs die horizontalen Treibräder an das Gestänge gepreßt werden. Der Adhäsionsdruck ist also proportional dem Seilzug, sodafs leichtes Gewicht der Maschine möglich ist. Bei Leerfahrten der Katze wird der Seilzug durch eine Feder ersetzt. Das Gleis besteht aus zwei]]-Eisen, die auf dem Leinpfad in Verkehrshöhe angebracht sind. Die Laufräder rollen auf dem oberen Flansch, während die Triebräder gegen den Steg drücken. Die Zuleitung liegt zwischen den]]-Eisen, die selbst als Rückleitung dienen. Die Trägerbahn stört in Verkehrshöhe den

Querverkehr empfindlich und muß an Lös- und Ladestellen hoch gelegt werden, wodurch Brücken, Spannwerke und Stützen erforderlich werden.

¹⁾ Elektrotechnische Zeitschrift 1902 S. 699. Vgl. auch Zentralblatt der Bauverwaltung 1906 S. 571.

H. System Wood¹⁾.
 patentiert unter Nr. 165904.)
 einer Versuchsstrecke des Erie-
 Kanals angewandt worden.
 Das Gleis ist einschienig und
 besteht aus einem I-Eisen von
 45 cm Höhe, das in Abständen
 von 7,5 m durch eiserne Ständer
 auf Betonklötzen gestützt wird.
 Die Höhe über dem Treidelweg
 beträgt 1 m. Auf der genannten
 Strecke sind die beiden Schienen

Siehe Figur V. (In Deutschland
 Dies amerikanische System ist auf

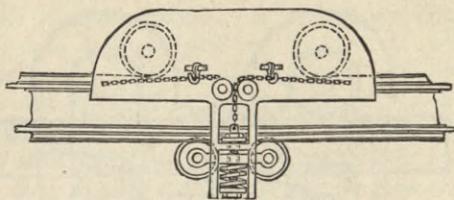


Fig. V.

für beide Fahrrichtungen auf derselben Kanalseite angebracht und gegen-
 seitig abgesteift, wodurch größerer Widerstand gegen die seitliche Kom-
 ponente der Zugkraft erzielt wird. Umständlich und schwierig gestalten
 sich allerdings bei dieser einseitigen Anordnung die Kreuzungen. Die
 Hauptschiene trägt oben eine schwerere, unten eine leichtere Vignole-Lauf-
 schiene. Die gesamte Doppelgleisige Anlage hat das hohe Gewicht
 von 206 kg/m. Die Lokomotive ist 6 t schwer, hat oben zwei
 Laufräder, die von zwei Motoren von zusammen 84 bis 100 PS.
 angetrieben werden, und unten zwei Druckräder, die durch Federkraft
 gegen das Gestänge gedrückt werden. Die Anspannung der Federn
 geschah ursprünglich von Hand durch Schraubenmutter, später durch
 den Zug der Schlepptrasse, sodafs der Anpressungsdruck wiederum
 im Verhältnis zur Zugkraft stand. Die Stromentnahme erfolgt von
 einer Oberleitung mittels Kontaktstange. Die sehr starken Maschinen
 konnten bis 9000 kg Zug ausüben und hatten bei großer Belastung
 und Geschwindigkeit einen Wirkungsgrad von 65 0/0. Er sank aber
 sehr bei geringeren Zugkräften. Als Mängel sind hervorzuheben die
 sehr großen Anlage- und Betriebskosten und der durch die Gleis-
 anlage beschränkte Querverkehr auf dem Leinpfade. Werden die
 beiden Gleise nicht auf einem Ufer angebracht, sondern getrennt für
 beide Zugrichtungen auf jeder Kanalseite, so ergeben sich noch
 Schwierigkeiten wegen der notwendigen Steifigkeit gegenüber der
 seitlichen Zugkraft.

I. System Gérard-Clarke²⁾. (Siehe Fig. VI.) Das
 System ist aus dem vorigen hervorgegangen und ihm sehr ähnlich.
 Entsprechend den geringeren geforderten Zugleistungen ist es in seiner
 Bauart leichter. Die Zugmaschine wiegt nur 2,9 t bei 45 PS.
 normaler Leistung. Die Schlepptrasse greift an einem Hebel an, der
 die unteren Druckräder entsprechend der Stärke des ausgeübten

¹⁾ Elektrotechnische Zeitschrift 1906 S. 746. Zentralblatt der Bauverwaltung
 1906 S. 495.

²⁾ Oekonomische Studie über den mechanischen Schiffszug auf Flüssen, Seen
 und Kanälen von St. John Clarke und Léon Gérard. Brüssel 1905. Vergl. auch
 Zentralblatt der Bauverwaltung 1906 S. 496.

Zuges gegen das Gestänge preßt. Für Leerfahrten genügt die natürliche Adhäsion. Angetrieben werden die oberen Laufräder. Das

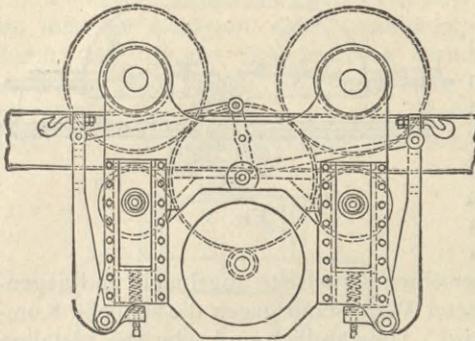


Fig. VI.

Gleis bildet ein I-Träger von 25 cm Höhe, der in Abständen von 6,35 m von eisernen 1 m hohen Fachwerkstützen getragen wird, die in ausbetonierten Pfählen aus Stahlblech stecken. Die Gleisanlage ist ähnlich wie bei dem System Feldmann in der Kanalböschung eingebaut. Da der gesamte Aufbau nur 1 m hoch ist, ragt die Oberkante nur 25 bis 40 cm über die Leinpfadkante hervor. Der

Treidelweg selbst bleibt also frei. Der Strom wird einer Oberleitung mittels Kontaktstange entnommen, die Rückleitung geht durch die Schienen. Das Eigengewicht der Gleisanlage beträgt 60 kg/m bei eingleisiger und 105 kg/m bei doppelgleisiger Anlage (auf demselben Ufer).

Die 1905 bei Schenectady am Erie-Kanal angestellten Versuche ergaben einen Wirkungsgrad von etwa 75%. Es wurden Zugkräfte ausgeübt, die dem Eisengewicht der Lokomotive beinahe gleichkamen.

Das System Clarke-Gérard ist wohl zur Zeit das vollkommendste dieser Art des elektrischen Schiffszuges. Der Stromverbrauch ist wirtschaftlich entsprechend den Zugleistungen. Die Schleppkosten werden bei der Höchstgeschwindigkeit von 4800 m/Std. zu 0,32 Pf./tkm bei 3 Millionen Tonnen Jahresverkehr, und zu 0,20 Pf./tkm bei mehr als 6 Millionen angegeben. Für den Lösch- und Ladeverkehr gilt dasselbe wie bei dem System Feldmann. Ein Mangel ist bei dem tief liegenden Angriffspunkt der Schlepptrasse die Schwierigkeit, diese über am Ufer liegende Kähne hinwegzuführen.

Allerdings kann, um die Vorteile freier Ufer und eines ungehinderten Querverkehrs zu erreichen, die Gleisbahn an Häfen oder überhaupt an langen verkehrsreichen Strecken hoch gelegt werden. Einen dahingehenden Vorschlag macht Geh. Oberbaurat Sympher¹⁾.

Die Lokomotiven sollen auf eine am Leinpfad erbaute Hochbahn gesetzt werden, da die wünschenswerte Verlegung über Kanalmitte selbst bei leichtester Lokomotivbauart zu teuer ausfallen würde. Es sind dann beim Lösch- und Ladegeschäft nur die Krane während des Vorbeifahrens der Schleppzüge bei Seite zu drehen, da die Schlepptrasse ohne künstliche Nachhilfe über die am Ufer liegenden Kähne

¹⁾ Zeitschrift für Bauwesen 1907 S. 603.

hinweggeht. Die Störung des Verladegeschäftes ist dann längst nicht mehr so empfindlich. In tiefen Einschnitten, wo die Krangerüste an und für sich hoch sein müssen, bleibt die Treidelbahn niedrig, und die Lasten werden über sie hinweggehoben. In dem Falle liegt Schienenoberkante 2 m über dem Leinpfadplanum und steigt auf 7 m Höhe bei den Kanalstrecken in Geländehöhe oder im Auftrag. Das Gewicht der Lokomotiven mit künstlicher Anpressung der Triebäder beträgt für zwei vollbeladene 600 t Schiffe bei 5 km/ Stunde Geschwindigkeit 2,5 t. Zur Verkürzung der störenden Treidelbahnrampen an den Brücken soll dort noch eine Zahnstange angebracht werden. Die Fahrbahn besteht aus einem I-Eisen N. P. 28 mit aufgenieteter Flacheisenschiene. Die 7 m hohen Fachwerkstützen stehen in einem gegenseitigen Abstand von 8 m. An den Lösch- und Ladestellen muß dieser erforderlichen Falls vergrößert, und die Längsträger entsprechend verstärkt oder durch Fachwerk ersetzt werden.

Das Eisengewicht beträgt für gewöhnliche Strecken i. M. 324 kg/m bei Anordnung je einer Fahrbahn auf beiden Ufern. Der Gesamtpreis der Fahrbahn stellt sich auf 88 000 M./km Kanallänge.

K. System Lamb¹⁾. Um die Nachteile, welche in der Behinderung des Verkehrs auf dem Treidelweg liegen, zu vermeiden, schlug Lamb vor, die Lokomotiven auf einem Drahtseil, das an hölzernen Masten auf der äußeren Seite des Treidelweges angebracht war, laufen zu lassen. Das System wird in Amerika für Holztransporte verwendet und wurde für den Schiffszug am Finow-Kanal praktisch erprobt. Das Tragseil war 32 mm stark, darunter befand sich ein 15 mm starkes Zugseil. Die Vorwärtsbewegung erfolgte dadurch, daß ein Elektromotor eine Trommel an der Maschine drehte, um die das ruhende Zugseil zweimal geschlungen wurde; die Maschine wand sich dann an dem Zugseil vorwärts. Das Tragseil hatte zugleich die Horizontalkomponente aufzunehmen und wurde dadurch stark beansprucht. Die Zuführung des Stromes durch das Tragseil erwies sich wegen der Zerstörung der Isoliermittel durch die mechanische Beanspruchung als unzweckmäßig, sodafs besser eine besondere Zuleitung benutzt wird. In den Kurven waren zur Vermeidung von Entgleisungen an den Knickpunkten des Tragseiles teure Façonstücke notwendig. Die 4 bis 5 m hohen Masten müssen nach auswärts stark verankert werden, was wohl vielfach auf Schwierigkeiten mit den Anliegern stossen wird. Ferner stellte sich ein Lockern der Masten heraus, indem diese sich durch den wechselseitigen Zug des Tragseiles an den Tragarmen drehten. Da der Durchmesser der Trommel nur klein sein kann, wird auch das Zugseil beim Wickeln sehr mitgenommen. Der Hauptnachteil des Systems besteht aber darin, daß bei größeren Zugkräften die Maschinen viel zu schwer

¹⁾ Elektrotechnische Zeitschrift 1899 Heft 31.

werden. Die Bedienung der Maschinen soll seitens der Schiffsbesatzung erfolgen, was leicht zu Betriebsstörung Anlass geben wird.

L. System Thwaite-Cawley. Die Mängel des Trag- und Zugseiles suchten Thwaite und Cawley dadurch zu vermeiden, das sie eine hochgelegene, feste Fahrbahn aus Z-Eisen von 0,30 m Höhe mit eisernen Masten vorschlugen. Da letztere in Entfernungen von etwa 10 m stehen, ist diese Anlage der hohen Baukosten wegen bei nur einigermaßen kräftigen Maschinen sehr teuer.

V. Der Schiffszug erfolgt durch ein Wandertau (câble marcheur), das von einer Zentralstation durch Maschinenkraft in dauernder Bewegung gehalten wird.

Der Gedanke, die Schiffe durch ein in ständiger Bewegung befindliches Tau ziehen zu lassen, um so die Vorteile der Einzelschiffahrt zu erreichen, ist sehr naheliegend. Ein ähnlicher Betrieb ist ja bei Gruben schon längst mit Erfolg eingeführt, wo ein endloses Drahtseil um zwei Seilscheiben geführt wird, die durch Maschinenkraft gedreht werden. Die zu befördernden Wagen werden mittels eines Greifapparates „angeschlagen“, laufen auf Schienen und werden so auf weite Entfernungen gezogen. Ähnlich ist ja auch der den gewöhnlichen Drahtseilbahnen zu Grunde liegende Gedanke. Bei der Schiffsbeförderung stiefs aber dies in der Theorie so einfache System bei der Erprobung auf mancherlei Schwierigkeiten.

Es sollen zunächst die verschiedenen Vorschläge und die Erfahrungen, welche bisher gemacht wurden, erwähnt werden.

A. Vorschlag von Rigoni. Der Vorschlag des Ingenieurs Rigoni aus Brescia (D. R.-P. Nr. 21161) war folgender: ¹⁾. (Siehe Fig.)

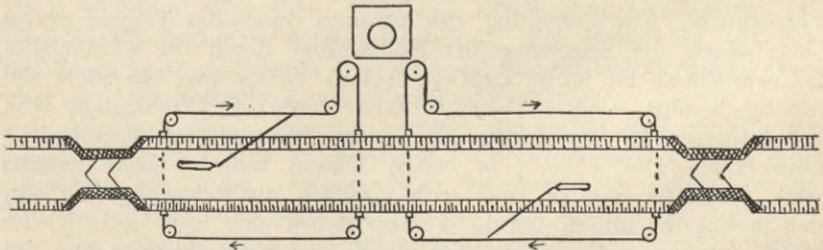


Fig. VII.

Ein 20 mm starkes Stahltau ohne Ende läuft auf beiden Ufern des Kanals über Trag- und Leitrollen mit Rillen am Umfang, die am

¹⁾ Stahl, Brennende Fragen zum Bau und Betrieb der Wasserstraßen. Wiesbaden 1886.

Ufer etwa 1 m über dem Wasserspiegel an Pfählen befestigt sind. In Häfen steigt das Seil bis 5 m über dem Wasserspiegel. Das Kabel wird durch Maschinen angetrieben, die in etwa 6—8 km Entfernung am Ufer aufgestellt sind. Jede Maschine treibt zwei Kabelschleifen von 3—4 km Länge. Die Maschine muß eine gute Selbstregulierung haben, um trotz des verschiedenen Kraftbedarfes je nach der jeweiligen Anzahl der angehängten Kähne immer mit gleichmäßiger Geschwindigkeit zu laufen. Der Antrieb des Seiles erfolgt durch Reibung oder durch ein Fowlersches Rad mit beweglichen Greifern. Eine Reibungskuppelung ist für plötzliche Widerstände vorgesehen. Die Seilschleifen werden an den Enden durch ein über den Kanal gespanntes Gerüst oder durch einen Tunnel unter dem Kanal von einem zum andern Ufer geführt. Die 40 cm großen Tragrollen stehen in den geraden Strecken senkrecht, in den Kurven sind sie nach Maßgabe des vom Kabel gebildeten Polygons geneigt. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Spannung des Seiles, dessen Länge durch Temperatur usw. beeinflusst wird, ist eine Endscheibe auf einen beweglichen auf Schienen laufenden Wagen gesetzt; dieser wird durch ein Gewicht angezogen, das an einem über eine Rolle laufenden Seil in einem Brunnen hängt. Außerdem sieht Rigoni noch eine hydraulische Bremse vor. Die Befestigung der Treidelleine soll durch einen Greifer erfolgen, der sich an Knoten setzt, die im Wandertau angebracht sind. Der Greifer ist entweder zangenartig konstruiert oder er hat zwei Backen, die durch den Zug des Schleppseiles geschlossen werden. Da sich aber die Knoten bald abnutzen, auch die Schiffer die Fahrt nicht willkürlich verlangsamten können, ohne den Greifer ganz vom Tau fallen zu lassen und später wieder vom Ufer aus anzuhaken, schlug Rigoni noch einen zweiten Greifapparat vor. Dieser besteht im wesentlichen aus einer das Tau umfassenden kurzen Röhre. An der Röhre ist ein Hebel angebracht, dessen einer Arm das Treidelseil hält, während der andere, kürzere, sich in der Röhre gegen das Seil preßt, das dann durch den Zug an der Schlepptrasse in der Röhre festgeklemmt wird. Hört der Zug auf, so wird das Wandertau frei und gleitet durch die Röhre. Der Schiffer hat es so in der Gewalt, den Kahn in Bewegung zu setzen und wieder auszuschalten. Dieser Greifer wird dem Schiffer jedesmal mit auf die Strecke gegeben und an deren Ende wieder abgenommen. Die Schiffe sollen dadurch in Fahrt gebracht werden, daß sich das Schlepptau auf dem Schiffe langsam von einer Trommel abwickelt. Trotz des auf dem Schiffe zur Vermeidung von Verwicklungen noch vorgesehenen besonderen Gleitapparates, scheint es doch fraglich, ob sich ein großer Kahn auf diese Weise in Gang bringen läßt, zum mindesten müßte ein ausreichend langes Schlepptau zum Abwickeln vorhanden sein, das wiederum die Manövrierfähigkeit behindert. Die Anlagekosten gibt Rigoni offenbar zu niedrig, je nach der Örtlichkeit auf 4800 bis 5600 M. für das km an. Die

Betriebskosten (Kohlen, Heizer, Bewachung der Strecke, Schmiermaterial) einschließlicb Unterhaltung und Tilgung des Betriebsmaterials sollen 800 M. für das km und Jahr ausmachen. Dazu kommen noch die Generalunkosten, die mit der Gegend wechseln. Die Schleppkosten für das Tonnenkilometer werden zu 0,24 Pf. bei 500 000 t jährlichem Verkehr angegeben. Sie verringern sich aber auf die Hälfte bei dem doppelten Verkehr.

B. Französische Versuche und Ausführungen. In Frankreich wurden 1870 bis 1888 verschiedene Versuche mit dem Wandertau gemacht. Im letzteren Jahre gelang es dem Chef-Ingenieur Maurice Lévy mit Erfolg Schiffe von 250 t ohne Entgleisung des Kabels in den Krümmungen zu bugsieren. Daraufhin wurde auf dem Saint-Maur und Saint-Maurice-Kanal 1889 eine 5 km lange Versuchsstrecke mit Wandertau eingerichtet und zwei Jahre mit günstigem Erfolge betrieben.

Für die Einführung des Systems auf dem Marne Rhein-Kanal schlug Lévy¹⁾ vor, alle 24 km eine 60 PS. starke Maschine aufzustellen, die je zwei Drahtschleifen von 12 km Länge treiben sollte. Die Anlagekosten berechnete Lévy zu 15 600 M. für das km. Die jährlichen Betriebskosten werden einschließlicb Verzinsung und Tilgung auf 3 680 M./km geschätzt bei täglich 12stündigem Gang.

Die Schleppkosten für das Tonnenkilometer sollen bei einem Verkehr von 2 000 000 t 0,184 Pf. betragen. Sie sinken aber sehr mit wachsendem Verkehr und zwar nach den von Lévy angegebenen Zahlen annähernd im geraden Verhältnis, so daß sie bei 3 200 000 t nur noch 0,12 Pf./tkm betragen würden.

Auf Grund der erwähnten günstigen Ergebnisse der Versuche am Saint-Maurice-Kanal wurde der Schiffsbetrieb mit Wandertau auf dem Aisne-Marne-Kanal und zwar im Tunnel des Mont de Billy in den Jahren 1894/95 eingerichtet²⁾.

Der Tunnel ist 2,3 km, die ganze Betriebsstrecke mit den Anschlüssen 2,6 km lang. Die Wassertiefe beträgt i. M. 2,5 m, die Sohlenbreite 6 m, der Kanal ist daher einschiffig, und es beträgt der Kanalquerschnitt nur das 1,65fache des eingetauchten Schiffsquerschnittes. Daher ist die Fahrgeschwindigkeit nur 1,3—1,4 km/Std. Alle drei Stunden wird wechselseitig von einem Ende zum andern ein Schiffszug bugsiert, der bis zu 8 Kähnen mit einer mittleren Last von je 240 t umfaßt. Je zwei davon werden in 10 m Abstand voneinander gekuppelt, und der vordere mit der Treidelleine am Kabel befestigt. Auf einer Tunnelseite befindet sich in 0,5 m Höhe über

¹⁾ Vergl. Derôme. Mitteilung zum IV. Internationalen Schiffahrtskongress. Paris 1892.

²⁾ La Rivière und Bourguin, Mitteilung zum VII. Internationalen Schiffahrtskongress. Brüssel 1898. — La Rivière, Mitteilung zum X. Internationalen Schiffahrtskongress. Mailand 1905.

dem Wasserspiegel das Bankett für den Leinpfad. Die beiden Kabelhälften liegen übereinander, das untere in Leinpfadhöhe, das obere 2,8 m darüber. Die gußeisernen Tragrollen von 0,5 m Durchmesser sind in der Wölbung des Tunnels befestigt und tragen Zähne am Umfang, um das Herausgleiten des Kabels zu verhindern und die Treidelleine vorbeizulassen.

Die Betriebskraft lieferten anfänglich zwei Lokomobilen, die 1897 durch eine stationäre Maschine von 40 PS. ersetzt wurden.

Das 3 cm starke Stahlkabel besteht aus 7 Litzen von je 19 2 mm starken Drähten ohne Hanfseele und hat eine Bruchfestigkeit von 55000 kg. Es wird durch ein Gegengewicht von 10 t in Spannung gehalten, sodafs auf jede Kabelhälfte 5 t entfallen. Die Spannrolle ruht auf einem beweglichen Wagen, an dem das Seil des in einem Brunnen hängenden Gegengewicht angreift.

Die Befestigung der Treidelleine am Kabel geschieht folgendermaßen: In bestimmten Abständen sind feste Punkte am Kabel in der Weise geschaffen, dafs eine mit Harz und Gudron getränkte Schnur fest umgewickelt wurde. Gegen den so gebildeten Wulst stützt sich ein gußeiserner Ring, der innen den Durchmesser des Kabels hat. Die Treidelleine hat oben einen Bügel, der sich auf das Kabel legt und gegen den Ring stützt. Auf diese Weise wurde erreicht, dafs das Aufwickeln der Treidelleine auf das Kabel, das sich, wie weiter unten noch ausgeführt wird, in ständiger Drehung um seine Achse befindet, zwar nicht immer vermieden wird, aber nur ausnahmsweise vorkommt. Die Treidelleine ist im Tunnel nur 10—12 m lang, um einen großen Winkel mit dem Wandertau zu erreichen, wodurch der Übergang der Leine über die gezahnten Tragrollen erleichtert wird. Ausserhalb des Tunnels wird die Schlepptrasse auf 40 m verlängert.

Die Dauer der gußeisernen Tragrollen ist im Mittel 4 Jahre, das Kabel war länger als 10 Jahre im Betriebe. In der Zeit hat es sich im ganzen um 80 m verlängert, sodafs es öfter gekürzt werden mußte. Der Durchmesser verringerte sich auf 2,7 cm.

Bei einem Jahresverkehr von 1,6—1,7 Millionen t betragen die Betriebskosten 0,263 Pf./tkm. Das ist gewifs ein geringer Betrag, wenn bedacht wird, dafs die Betriebsstrecke nur kurz ist, und das die Anlage in dem engen Tunnel mit dem kleinen Querschnitt besondere Mafsnahmen erforderlich macht.

Die Anlage hat sich vollkommen bewährt, und es sind in 10 Betriebsjahren etwa 50000 Schiffe an dem Kabel getreidelt worden, ohne dafs sich der geringste Unfall ereignet hätte.

Eine der vorigen nachgebildete, ganz ähnliche Strecke befindet sich noch in Belgien bei der Eisenbahnbrücke bei Boom über den Rupel. Auch hier waren die Ergebnisse sehr zufriedenstellend.

C. Deutsche Versuche. Auch am Oder-Spree-Kanal¹⁾

¹⁾ Bellingrath und Dieckhoff. Mitteilung zum IV. Internationalen Kongrefs. Paris 1892.

wurden im Jahre 1890 5 Monate lang seitens der preussischen Regierung auf einer 4,5 km langen Strecke Versuche mit dem Wandertau gemacht. Dieses war 19 mm stark, lief auf den beiderseitigen Leinpfeifen und war an den Enden mittels Seilscheiben quer über den Kanal geführt. Die Betriebskraft lieferten zwei Lokomobilen mit zusammen 28 PS. Als besonderer Übelstand zeigte sich auch hier die fortwährende drehende Bewegung des Taus.

Die Veranlassung hierzu ist nicht recht erklärlich. Möglicherweise liegt sie in den verschiedenen Spannungen des Seiles beim freien Durchhang und bei dem Laufen über die Tragrollen. Eine besondere Konstruktion des Kabels kann dem Übelstand vielleicht abhelfen. Ein am Dortmund-Ems-Kanal in der Hinsicht geplanter Versuch mit dem geflochtenen Quadratseil nach dem Patent Bek ist leider nicht zur Ausführung gekommen. Jedenfalls ist diese Drehung äußerst lästig, weil sie ein Aufwickeln des Schleppseiles veranlaßt, das sich auch durch besondere Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit der Schiffer nicht ganz vermeiden läßt.

Die Tragrollen am Oder-Spree-Kanal waren an Pendeln befestigt, die sich entsprechend der Zugrichtung der Treidelleine einstellten. Dadurch wurde ein Herausschleudern des Kabels vermieden. Das Schiff wurde dadurch in Gang gebracht, daß die Schiffer die Treidelleine erst allmählich festmachten. Es ist schon oben darauf hingewiesen, daß dieses Manöver schwierig, bei größerer Seilgeschwindigkeit gefährlich, wenn nicht unmöglich ist. Es wäre dann vorzuziehen, den Kähnen am Anfang der Strecke bzw. an den Schleusen durch andere Art eine ausreichende Anfangsgeschwindigkeit zu geben.

Betreffs der Kosten gaben Bellingrath und Dieckhoff in ihrem Bericht zum IV. Schifffahrtkongress an, daß sie am Oder-Spree-Kanal bei größter Ausnützung der Anlage und größter Leistungsfähigkeit der Schiffe etwa 0,17 Pf. für das Tonnen-Kilometer betragen würden.

Auch bei dem Preisausschreiben für den Teltow-Kanal wurde ein Entwurf für den Betrieb mit Wandertau eingereicht. Vorgeschlagen war außer dem eigentlichen als Zugseil dienenden Kabel noch ein Trageil, auf dem kleine Wagen laufen, die vom Zugseil gezogen werden. Die Schlepptrasse wird an diesen Wagen befestigt, die vom Schiff aus mittels einer Leine mit dem Zugseil gekuppelt oder von demselben gelöst werden können. Die Anlage war auf einem Ufer geplant. Die Beschleunigung sollte das Schiff mit Hilfe der von einer Trommel sich abwickelnden Schlepptrasse unter Bremsung der Winde erhalten.

VI. Vergleich der verschiedenen Arten des Schifffzuges.

In nachstehender Tabelle sind die für die Beurteilung der einzelnen Arten des Schifffzuges maßgebenden Angaben nochmals zusammengestellt. Ein Vergleich hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit der ver-

schiedenen Systeme ist aber daraus nur mit Vorsicht anzustellen, da die Grundlagen zu verschieden sind. Zum Teil sind die Angaben das Ergebnis wirklich ausgeübter Betriebe und verdienen dann besondere Beachtung. Allerdings sind auch da noch die Verschiedenheiten in den Abmessungen der Wasserstraßen und Fahrzeuge, der Organisation, der Größe des Verkehrs usw. zu berücksichtigen. Es wird eben kaum zwei Wasserstraßen geben, auf denen diese Verhältnisse alle gleich liegen. Bei den theoretisch errechneten Kosten kommt alles auf die Voraussetzungen an. Zulässig erscheint hier ein Vergleich verschiedener Systeme unter denselben Annahmen für dieselbe Wasserstraße. Etwas anderes ist es freilich, ob die so berechneten Schlepptsätze durch die Praxis bestätigt werden, ob z. B. die für den Teltow-Kanal vorher ermittelten Selbstkosten den späteren Betriebskosten jemals entsprechen werden. Für viele Systeme liegen leider noch nicht einmal praktische Versuche in dem Umfange vor, daß sich ein einigermaßen sicherer Schluß auf die Brauchbarkeit ziehen ließe.

Der technische Wirkungsgrad ist am niedrigsten bei den Schrauben- und Raddampfern, am höchsten bei den Kettenschleppern und bei dem Wandertau. Dazwischen liegen die Systeme des mechanischen Schiffszuges vom Ufer aus. Bei elektrischer Zuleitung der Betriebskraft sind von den oben angegebenen Wirkungsgraden aber noch die Energieverluste in den Zentralen, Zwischenstationen und dem Leitungsnetz in Abzug zu bringen. Es ist daher bei allen diesen Systemen mit nicht mehr als der Hälfte der aufgewendenden Arbeit als Nutzleistung zu rechnen, zumal da ja auch die Arbeitsverluste durch Leerläufe, Steigungen der Treidelbahnen usw. beim Vergleich berücksichtigt werden müssen.

Nun darf aber auf den maschinellen Wirkungsgrad nicht allzuviel Gewicht gelegt werden. Er gibt im Grunde nur die Ausnutzung der erzeugten Dampfspannung bzw. der verfeuerten Kohlen. Bei allen Schlepptrieben macht aber Heiz- und Maschinenmaterial nur einen Bruchteil der Selbstkosten aus. In die Wagschale fallen besonders noch die Verzinsung und die Amortisation des Anlagekapitals nebst Unterhaltung und Erneuerung, sowie ferner die Löhne. Bei Schlepptampfern entfallen etwa je 30 v. H. auf Löhne bzw. Heiz- und Maschinenmaterial, 40 v. H. dagegen sind auf Verzinsung, Tilgung, Abschreibung und Unterhaltung zu rechnen. Bei dem elektrischen Lokomotivbetrieb entfallen auf die letztgenannten Posten mindestens 55 v. H., bei einem Kanal mit noch nicht vollständig entwickeltem Verkehr sogar erheblich mehr. Erst der Rest verteilt sich etwa gleichmäßig auf Löhne und Heizmaterial.

Einen großen Einfluß auf die Kosten haben allgemeine wirtschaftliche Faktoren. Zunächst spielt die Tragfähigkeit der Schleppkähne eine Rolle und zwar nicht nur hinsichtlich der Frachtkosten, die wegen besserer Ausnutzung des Kahnraumes niedriger werden,

Betriebsart	Nr.	Betriebsweise im Einzelnen	Wirkungsgrad	Angabe des Ortes der Ausführungen bzw. Versuche. Einheitspreise angegeben von	Kosten für das tkm Nutzlast Pf.	Geschwindigkeit km/Stunde
1	2	3	4	5	6	7
I. Belebte Motore.	1	Menschen	8 mkg i.d.Sek.	Finow-Kanal	0,500	1,6
				Frankreich nach Lasmolles	0,32—0,36	2,0
	2	Pferde	40 mkg i.d.Sek.	Finow-Kanal	0,300	2,5
				Frankreich nach Lasmolles	0,360	2,0
				Russland nach Merczyng	0,216	—
			Erie-Kanal	0,370	2,7	
II. Motor im Schiff — treibende Kraft greift im Wasser an.	3	Schrauben- und Raddampfer als Schlepper	0,3	nach Prietze	0,140 0,125	6
				nach Landsberger	0,141 0,104 0,097 0,145 0,112 0,101	6,5
				nach Thiele für Kanäle	0,198 0,182	4
				nach Schinkel für Kanäle	0,274 0,259 0,266 0,185	4—5
				nach Sympher für Kanäle	0,196 0,224	5
	4	Akkumulatorboote mit eig. Schraube	etwa 0,2	Ziegel-Transport-Aktien-Gesellschaft im Zehdeniker Gebiet	0,273 0,170	4
	III. Motor im Schiff — treibende Kraft greift an Kette an.	5	Kettenschleppschiffe	0,75	Burgunder Kanal im Tunnel von Pouilly	1,101
Kanal von Saint Quentin					0,099	1,1—1,4
Marne-Rein-Kanal					0,176	1,2—2,2
Vereinigte Elbeschiffahrtsgesellschaften					0,356	3—4,5

Nutzlast des geschleppten Kahns in t	Größe des Verkehrs im Jahre	Bemerkungen
8	9	10
175		3 Treidler, je 3 M. für die 11 km lange Strecke Liepe-Eberswalde.
250		
175		1 Pferd mit Treiber zu 6 M. gerechnet für obige Strecke.
250		
300—500		Gespann von 6 Pferden — Kosten schwanken um etwa 20%.
240		Kosten beziehen sich nur auf die Talfahrt.
$\frac{1}{2} (900 + 300) = 600$	kanalisierter Fluss mit grossem Verkehr etwa 6—7 Mill. Tonnen (Mosel)	Schlepper mit 1 Kahn } 300 Betriebstage. — Tag- und Nachtbetrieb. " " 2 Kähnen }
500		Schlepper mit 1 Kahn } Tagesbetrieb 14 Stunden. " " 2 Kähnen } 270 Betriebstage. " " 3 " } " " 1 Kahn } " " 2 Kähnen } Tag- u. Nachtbetrieb 24 Stunden. " " 3 " }
$\frac{1}{2} (667 + 133) = 400$	2 Mill. t 6 " "	Schlepper mit 2 Kähnen } 100 km Transportentfernung. — " " 2 " } $\frac{1}{8}$ Leerfahrten. 270 Betriebstage. 10 stünd. wirkliche Fahrzeit am Tage.
$\frac{1}{2} (600 + 120) = 360$	1 Mill. t 10 " "	Schlepper mit 2 Kähnen } Monopolisierter Betrieb. — Kanal " " 2 " } von 100 km Länge. — 13 stündiger " " 2 " } Betrieb. — 270 Betriebstage. " " 2 " } Freier } 100 km Transportentfern. " " 2 " } Betrieb. } 300 " "
		Schlepper mit 2 Kähnen } Tagesbetrieb { künft. Rhein-Weser- " " 2 " } 13 St. } Kanal = 278 km " " 2 " } Tag- u. Nacht- } (Crange-Hannover). " " 2 " } betrieb 22 St. } 270 Betriebstage.
150		20 km Transportweite } Angaben für volle Hin- und Rück- 100 " " } fracht (Bausteine).
300	910 000 tkm	Staatsbetrieb. — Monopol. — Elektrisch betriebenes Kettenschleppschiff. — Zuführung der Kraft durch Leitungsdrähte. — Betriebsstrecke 5,5 km lang.
300	5 Mill. t 93 " tkm	20 km lange Strecke, davon 9,4 km einschiffig. Staatsbetrieb. — Monopol.
300	12 Mill. tkm	Staatsbetrieb. — Monopol. — 7,3 km lang,
bis 600		Ohne Abschreibung und Reparaturkosten.

Betriebsart	Nr.	Betriebsweise im Einzelnen	Wirkungsgrad	Angabe des Ortes der Ausführungen bzw. Versuche. Einheitspreise angegeben von	Kosten für das tkm Nutzlast Pf.	Geschwindigkeit km/Stunde
1	2	3	4	5	6	7
IV. Motor auf dem Lande — zieht Kahn mit einer Treidelleine.	6	Elektrisches Pferd	0,4 bis 0,475	Frankreich — Kanäle des Nordens	0,235	2,2
	7	Dampflokomotiven		Versuche auf den Zweigkanälen der Deüle	0,320 0,480	2
				Versuche a. Oder-Spree-Kanal	0,700	bis 7,2
	8	Elektrische Lokomotive auf Schienen, System Köttgen, erprobt am Finow-Kanal, angeführt am Teltow-Kanal	0,65 ausnahmsweise bis 0,76	nach Schinkel	0,445 0,438 0,119 0,435 0,430 0,113	5
				Entwurf Siemens-Schuckert für die neuen preussischen Kanäle nach Köttgen	0,276 bis 0,240 0,195 0,144	
				nach Sympher unter Anlehnung an obigen Entwurf	0,224 0,154 0,190 0,154	5
				nach Thiele	0,327 0,188 0,171	4
	9	System Vering				
	10	Syst. Feldmann				
	11	Syst. Rudolph				
	12	System Wood	0,65	Versuch am Erie-Kanal		
	13	System Gérard-Clarke	0,75	Versuch am Erie-Kanal	0,320 0,200	höchstens 4,8
	14	System Lamb				
	15	Twaite-Cawley				
	V. Der Schiffszug mittels Wandertau.	16	Wandertau über dem Leinpfad	hoch, doch liegt Ziffer nicht vor, s. unten	Nach Maurice Lévy für Marne-Rhein-Kanal	0,184 0,120
Kanal vom Aisne z. Marne. Tunnel des Mont de Billy					0,263	1,3—1,4
Oder-Spree-Kanal, Versuche nach Bellingrath u. Dieckhoff					0,170	2,9

Nutzlast des geschleppten Kahns in t	Größe des Verkehrs im Jahre	Bemerkungen
8	9	10
280—300	2,3 Mill. t 125 „ tkm	2 beladene bzw. 4 unbeladene Kähne. — Länge der Strecke 58 km, später 83 km. Kein Monopol. — 105 elektrische Pferde, daneben 5 elektrische Lokomotiven.
300		Ohne Unterhaltungskosten { Verkehr 1886 eingestellt, da die Gesellschaft liquidieren mußte. — Mit „ 80 km lange Strecke.
verschieden		Kosten geschätzt nach den Versuchen.
$\frac{1}{2} (600 + 120) = 360$	1 Mill. t 2 „ „ 10 „ „ 1 „ „ 2 „ „ 10 „ „	Annahme wie oben für Kahn vom Dampfer geschleppt.
	{ 4 Mill. t 10 „ „	{ Die Kosten sind verschieden je nach der Art der Kanalstrecken, für die je nach Oertlichkeit verschiedene Anlagen auszuführen sind.
	{ 3,3 Mill. t 7,62 „ „ 3,3 „ „ 7,62 „ „	{ Tagesbetrieb } Annahme wie oben für Kahn vom Dampfer geschleppt. { Tag- und Nachtbetrieb }
$\frac{1}{2} (667 + 133) = 400$	2 Mill. t 4 „ „ 8 „ „	Annahme wie oben für Kahn vom Dampfer geschleppt.
		{ In Praxis nicht eingeführt. — Durch größere Versuche nicht erprobt.
		Versuchsstrecke nur 800 m lang.
	3 Mill. t 6 „ „	Bei den Versuchen 1 bis 4 Schiffe gezogen.
		{ Wie zu Nr. 9—11.
300	2 Mill. t 3,2 „ „	Nicht ausgeführt.
300	1,6—1,7 Mill. t 4,4 Mill. tkm	Staatsbetrieb. — Monopol. — Betriebsstrecke 2,6 km lang.
—		Auf Grund von Versuchen nur geschätzt für größte Ausnutzung.

sondern auch deswegen, weil die für die Nutzlasttonne aufzuwendende Zugkraft bei großen Kähnen geringer ist als bei kleinen.

Weiter kommt die Länge einer Betriebsstrecke in Frage. Die Selbstkosten sind für lange Transporte verhältnismäßig geringer als für kurze, da Maschinen und Personal besser ausgenutzt werden können, und die festen Selbstkosten (Gebäude und dergl.) bei langen Strecken weniger den Einheitssatz belasten, ein Umstand, der ja auch bei den Eisenbahnen vorliegt und zur Einführung von Staffeltarifen geführt hat.

Sehr mitbestimmend ist ferner die absolute Größe des Verkehrs. Die Ausnutzung einer Schlepprichtung wird mit wachsendem Verkehr wesentlich besser und die Höhe der Selbstkosten dementsprechend geringer. Dies gilt besonders für Anlagen, bei denen von vornherein die Bewältigung eines zukünftigen größeren Verkehrs ins Auge gefasst wurde.

Beim Großbetriebe wirkt die Beschaffung und Unterhaltung der für den Höchstbedarf nötigen Reserven verteuern. Falsch aber wäre es, daraus den Schluss zu ziehen, daß der völlig freie Betrieb z. B. mit Privatschleppern billiger sein müßte. Dies könnte nur dann der Fall sein, wenn der Privatschlepper fortwährend voll beschäftigt wäre. In Wirklichkeit wird aber die Zahl der Schiffsmittel immer dem ganzen Verkehr angepaßt sein, so daß bei stilleren Zeiten Liegetage unausbleiblich sind. Die Kosten hierfür belasten die Frachten natürlich in gleicher Weise wie beim Großbetrieb die Unterhaltung der Reserven.

Auf die Vorteile der Einzelschiffahrt wurde bereits hingewiesen. Ausgeschlossen scheint sie bei den Systemen, wo eine Anzahl selbständiger Maschinen — seien es nun Schleppschiffe oder Lokomotiven — den Kraftbedarf decken, weil diese Maschinen aus wirtschaftlichen Gründen groß sein müssen und daher zu Schleppzügen zwingen. Besser liegen die Verhältnisse bei den mit elektrischer Kraftzentrale betriebenen Systemen, wo die Zugleistung dem Bedürfnis angepaßt werden kann. Aber auch hier werden große Zugmaschinen billiger und zuverlässiger arbeiten als kleine. In uneingeschränktem Maße ist die Einzelschiffahrt eben nur mit dem Wandertau und mit Selbstfahrern zu betreiben; bei letzteren müssen aber die teuren und Platz wegnehmenden Maschinen, Akkumulatoren usw. in Kauf genommen werden; dagegen ist bei dem Wandertau die Einschaltung besonderer Zwischenmaschinen zwischen Kraftquelle und Schleppkahn nicht notwendig.

Schließlich spielt auch noch die Geschwindigkeit, mit der geschleppt wird, eine Rolle. In dem den Kosten zugrunde gelegten Maßstab des Tonnenkilometers kommt die Geschwindigkeit nicht zum Ausdruck, da es gleichgültig ist, in welcher Zeit das Kilometer zurückgelegt wird. Für die Höhe der Kosten selbst ist die Geschwindigkeit aber sehr maßgebend. Ihre Vermehrung bedeutet Zeitgewinn und somit bessere Ausnutzung des Schleppmittels. Andererseits werden aber bei vermehrter Geschwindigkeit die Selbstkosten für das Kilometer

gesteigert, zumal da der Zugwiderstand und somit der Kraftbedarf dann schnell zunimmt. Die für den Verfrachter maßgebenden Tarife werden aber nicht allein durch die Schleppkosten bestimmt, sondern auch durch die Ausnutzung des geschleppten Fahrzeuges, und zwar fällt letzterer Umstand sogar mehr ins Gewicht als der eigentliche Schlepplohn. Bei einer kleinen Geschwindigkeit können daher trotz geringerer Schleppkosten, die Gesamtselbstkosten weit höher sein als bei einer grösseren, ganz abgesehen von den sonstigen geschäftlichen Vorteilen einer kurzen Fahrzeit. Bei gleichen Kosten für das geschleppte Tonnenkilometer ist daher der Betrieb mit der grösseren Geschwindigkeit wesentlich im Vorteil.

Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse ergibt sich aus obiger Tabelle folgendes:

Der Schiffszug mit belebten Motoren ist für Wasserstraßen mit grossen Abmessungen unzureichend. Zwar lassen sich, wie die französischen Kanäle beweisen, grosse Gütermassen bewältigen, aber der Betrieb wird unwirtschaftlich für verkehrsreiche Wasserstraßen wegen der zu kleinen Geschwindigkeit und der zu grossen Kosten. Ein etwa daneben betriebenes schnelleres Schleppsystem wird durch den langsamen Menschen- und Pferdebetrieb empfindlich gestört. Die Selbstkosten lassen sich auch im Grossbetriebe nicht wesentlich herabmindern, da auch bei grossem Verkehr die Kosten für die Zugkraft sich nicht in dem Masse verbilligen wie beim maschinellen Antrieb. Die Verwendung sehr schwerer Lastkähne ist ganz ausgeschlossen.

Der Schraubendampfer ist trotz des geringen Wirkungsgrades zweifellos ein recht wirtschaftliches Schleppmittel, falls die Maschinen stark sind und voll ausgenutzt werden können. Auf Kanälen mit schmalen Fahrwasser ist das aber nicht der Fall. Der Schraubenschlepper gehört daher auf die freien, breiten und tiefen Ströme. Die Schleppkosten sind dann recht niedrig. Die verhältnismässig hohen Selbstkosten, die Schinkel angibt, sind in der Hauptsache auf die geringen, den Berechnungen zugrunde gelegten tonnenkilometrischen Leistungen zurückzuführen. Auch wird ein monopolisierter Betrieb mit Reserven zugrunde gelegt und nicht Schlepper mit voller Ausnutzung durch regelmässigen Umlauf.

Der Schraubendampfer mit Akkumulatorantrieb scheint aussichtsreich bei kleinen Fahrzeugen und gut geleitetem Betrieb, namentlich wenn viele Schleusen zwecks Zeitersparnis zur Einzelschiffahrt zwingen. Für schwere Lastkähne ergeben sich technische Schwierigkeiten, und die Kosten werden zu hoch.

Gute Ergebnisse zeigen die Kettenschlepper. Da sie, wie oben ausgeführt, zweckmässig in starken Strömungen verwendet werden, eignen sie sich für die oberen Flussläufe. Die Selbstkosten sind dann allerdings ziemlich hoch, weil die Dampfer meist nur zu Berg schleppen, und weil auf den oberen Flussläufen öfter unfreiwillige Liegezeiten wegen zu hoher oder zu niederer Wasserstände vorkommen. Bei

Kanälen findet sich der Kettenbetrieb häufig in Frankreich. Auffallend sind die guten Ergebnisse auf der Scheitelhaltung des Kanals von Saint-Quentin. Der Verkehr erreicht hier die enorme Höhe von rund 5,000,000 t und erstreckt sich auf die ganze 20 km lange Haltung. Der Kanal ist etwa zur Hälfte einschiffig und liegt mit 6,7 km im Tunnel, wo der Kanal-Querschnitt nur das 1,9 fache des eingetauchten Schiffsquerschnittes beträgt. Das trotzdem eine so große Leistung erzielt wird, liegt hauptsächlich in der Organisation. Der Betrieb ist Staatsmonopol. Vorhanden sind 6 Kettenschiffe mit je 40 PS. Es werden Schleppzüge von 25 beladenen Fahrzeugen gebildet, so daß gleichzeitig etwa 7000 t befördert werden. Die Geschwindigkeit beträgt allerdings wenig über 1 km/Std. und kann ohne große Mehrkosten nicht gesteigert werden. Begünstigt wird der Verkehr durch sehr niedrige Tarife. Beladene Schiffe zahlen nur etwa 0,16 Pf. für das Tonnenkilometer, sodaß für einen beladenen Kahn nur etwa 9 Mk. zu zahlen sind. Leere Schiffe werden dazu noch umsonst geschleppt.

Das elektrische Pferd hat auf französischen Kanälen einen umfangreichen Verkehr zur Zufriedenheit bewältigt. Trotzdem geht man allmählich zu den elektrischen Lokomotiven mit Gleis über. Die Vorteile gegenüber der gleislosen Anlage wurden bereits oben hervorgehoben.

Der Schleppbetrieb mit Dampflokomotiven ist wenig erprobt, scheint aber nicht aussichtsreich zu sein, da die notwendigen starken Maschinen nicht voll auszunutzen sind. Der Vorteil einer großen Geschwindigkeit, die entwickelt werden könnte, ist ja bei Wasserstraßen nicht auszunutzen. Auf Kanälen ist die elektrische Zuführung der Kraft zu den Schleppmaschinen wegen besserer Ausnutzung sicher vorzuziehen. Maßgebende Kosten aus einer längeren wirklichen Betriebszeit liegen hierfür allerdings noch nicht vor. Es ist aber sehr fraglich, ob sich jemals so niedrige Selbstkosten erzielen lassen wie beim Wandertau, mit dem in der Praxis auf der sehr ungünstigen, kurzen Tunnelstrecke des Mont de Billy und bei einem Verkehr von nur 1,6 Millionen t Selbstkosten erzielt wurden, die bei gleich großem Verkehr die rechnermäßigen nach dem System Köttgen mindestens erreichen. Dabei ist zu bedenken, daß der Betrieb mit Wandertau sehr verbesserungsfähig ist, wie noch dargelegt werden soll.

Drittes Kapitel.

Der Schleppbetrieb mit Wandertau in seiner weiteren Ausgestaltung.

Nachdem im Vorstehenden eine Übersicht über die verschiedenen Arten des Schleppzuges mit ihren Vorzügen und Nachteilen gegeben ist, soll im Folgenden auf den Schiffsbetrieb mit Wandertau noch besonders eingegangen werden. Es geschieht dies deswegen, weil dieses System gegenüber allen anderen besondere grundsätzliche Vorzüge hat und die eingangs aufgestellten Bedingungen, die an eine leistungsfähige Wasserstrafse zu stellen sind, am ehesten erfüllen kann. Bereits oben wurde darauf hingewiesen, daß die einzige derartige gröfsere Schleppvorrichtung im Tunnel des Mont de Billy recht gute Ergebnisse geliefert hat. Auch wurde auf fast allen Schiffahrtskongressen zugegeben, daß der Schleppbetrieb mit Wandertau ein höchst erstrebenswertes Ziel ist. Zu einer weiteren Verbreitung ist das System nach einigen Versuchen leider bisher nicht gekommen. Zum Teil liegt das daran, daß bei den Versuchen verschiedene Mängel zu Tage treten, deren Beseitigung nicht gleich gelingen wollte. Dabei ist aber zu beachten, daß die an und für sich schon spärlichen Versuche sich auf eine von vornherein festgelegte Ausführungsart beschränkten und daher nicht zu folgerichtigen Veränderungen und Verbesserungen geführt haben. In der Hauptsache hat nur Maurice Lévy das Verdienst, die Ausbildung des Systems nennenswert gefördert zu haben. Man vergleiche damit die umfangreiche Entwicklungsgeschichte des Systems Köttgen oder die vielen Studien und Versuche, die zum Ausbau der Schleppmaschine mit verhältnismäßiger Adhäsion nach den Systemen Rudolf, Wood, Gerard-Clarke gemacht wurden. Es ist nun zu beachten, daß die bei den bisherigen Versuchen mit Wandertau zu Tage getretenen Mängel ausschließlich auf technische Einzelheiten zurückzuführen sind, nicht aber auf das System als solches. Entscheidend ist aber, daß das System im Prinzip richtig ist; die Schwierigkeiten der technischen Ausführung lassen sich dann durch Studium und Versuche beheben. Es muß sich die Technik nur erst einmal eingehend damit beschäftigen, bei der hohen Bedeutung des mechanischen Schiffszuges für das Verkehrswesen: eine dankbare Aufgabe.

Einige Vorschläge für eine bessere Ausgestaltung des Systems sollen noch gemacht werden.

I. Mängel der bisherigen Versuche für den Schiffszug mit Wandertau.

Die Nachteile der bisherigen Ausführungen, Versuche und Vorschläge für den Schiffszug mit Wandertau sind folgende:

1. Die schräge Richtung der Schlepptrasse bedingt wegen der mit Vorteil nicht auszunützensen seitlichen Komponente einen Kraftverlust; auch beansprucht sie nachteilig das Wandertau, die Tragrollen und die Masten. Es sind daher besondere Konstruktionen der Tragrollen und ihrer Befestigungen, sowie starke Verankerungen der Masten erforderlich. Auch verlangt der schräge seitliche Zug eine ständige große Spannung des Wandertaus, damit es aus seinen Führungen nicht herausgleiten kann.

2. Da das Wandertau sich in beständiger Drehung um seine Achse befindet, wickelt sich die Zugleine auf, wodurch ein ruhiger, gleichmäßiger Schleppbetrieb sehr erschwert wird.

3. Die sichere Befestigung der Zugleine am Wandertau, desgleichen das Abwerfen der Leine, sind schwierig und bei größerer Seilgeschwindigkeit kaum möglich.

4. Das Manövrieren beim Anfahren des Schiffes unter allmählicher Festlegung der Zugleine am Schiff ist beschwerlich und bei größerer Seilgeschwindigkeit sowohl für Schiffer und Schiff als auch für andere Fahrzeuge in der Nähe gefährlich.

5. Eine willkürliche, vom Schiffer beabsichtigte Verlangsamung bzw. bei langsamer Fahrt eine Vergrößerung der Geschwindigkeit ist ausgeschlossen mit Ausnahme der geringen Änderungen, die das Ab- und Aufwinden der Zugleine gestattet.

6. Die Führung der Schlepptrasse über die am Ufer liegenden Kähne bietet insbesondere auf der freien Kanalstrecke Schwierigkeiten. Für den Querverkehr an Häfen sind sie geringer, da das Wandertau ohne große Kosten hochgelegt werden kann, sodass der Lade- und Löschbetrieb sich unter ihm abspielt.

Als weiterer Nachteil wird die ständig zu befördernde tote Seilast angeführt. Dadurch soll namentlich bei sehr langen Seilstrecken der Wirkungsgrad der Anlage gering werden. Dabei wird von der Tatsache ausgegangen, dass bei Transmissionen mittels Drahtseil der Wirkungsgrad sich mit wachsender Entfernung der treibenden von der getriebenen Scheibe verringert. Diese Annahme ist aber nicht zutreffend aus folgenden Gründen:

Die Arbeitsverluste bei Betrieb mit Wandertau rühren her von den Reibungs- und Seilbiegungswiderständen an den Tragrollen und Seilscheiben, hängen also ab von der Bauart der ganzen Anlage. Sie werden z. B. größer in Krümmungen, wo der Zapfendruck der

Rollen durch die seitliche Komponente der Kabelspannung vermehrt wird; sie wachsen bei mangelhafter Schmierung u. s. w. Die Verluste setzen sich also aus vielen kleinen Einzelbeträgen zusammen, deren rechnerische Ermittlung nur unter Annahme vieler zum Teil wenig sicherer Voraussetzungen möglich ist. Eine rein theoretische Berechnung führt auch zu recht geringfügigen Verlusten. Es sei daher auf die Wirkungsgrade ähnlicher Anlagen hingewiesen. Wenn auch eine Übertragung auf das Wandertau nicht ohne weiteres zugänglich ist.

Für die Kraftübertragung mittels Drahtseil werden z. B. folgende Angaben gemacht¹⁾.

Es beträgt der Wirkungsgrad bei einer Entfernung von

100 m	96 $\frac{0}{0}$
500 m	93 $\frac{0}{0}$
1000 m	90 $\frac{0}{0}$
5000 m	60 $\frac{0}{0}$

In Oberusel wurden 100 Pferdestärken mittels Drahtseil auf 1000 m übertragen, wobei an jeder der acht Zwischenstationen 1 PS. verbraucht wurde und 92 PS. an der Arbeitsscheibe abgenommen werden konnten. Dies gibt also einen Nutzeffekt von 92 $\frac{0}{0}$.

Eine dem Wandertau ähnliche Anlage ist auch die der Drahtseilbahnen, nur gewissermaßen in umgekehrter Anordnung, indem das Drahtseil festliegt, und die Rollen mit den Wagen sich vorwärts bewegen. Der Gesamtwiderstand beträgt nach den Angaben von Bleichert $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{250}$ des Gesamtgewichtes, wobei unter letzterem das Gewicht der Wagen nebst dem des sie ziehenden Zugseiles zu verstehen ist. Bei dem Wandertau in der später gegebenen Anordnung würde als Gewicht für die Widerstände in geraden Strecken lediglich das Seilgewicht, in gekrümmten ferner ein Teil der Seilspannung in Betracht kommen.

Für die Gebirgsseilbahnen in der Schweiz gibt Abt²⁾ die Widerstände des Seilgewichtes zu $\frac{1}{20}$ des Seilgewichtes an.

Dies sind alles nur verhältnismäßig geringfügige Beiträge, wenn man das Gewicht des Seiles mit den von ihm ausgeübten Zugkräften vergleicht.

Natürlich wächst der Gesamtwiderstand mit der Länge der Strecke und zwar annähernd im geraden Verhältnis, sodafs bei gleichbleibender Kraft z. B. bei den Transmissionen der Wirkungsgrad mit zunehmender Entfernung sinkt. Bei dem Schleppbetrieb mittels Wandertau wächst aber die Nutzleistung ebenfalls mit der Länge der

¹⁾ S. Krämer: Wirkungsgrade und Kosten elektrischer und mechanischer Kraft-Transmissionen. Leipzig 1895.

²⁾ Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Abschnitt Seilbahnen.

Strecke und zwar bei regelmässigem Betrieb ebenfalls annähernd im geraden Verhältnis. Denn je länger die Betriebsstrecke ist, desto mehr Kähne sind angehängt, und desto grösser wird die Zugleistung. Bei gleichmässigem Betriebe wachsen also Nutzleistung und Widerstände gleichmässig mit der Länge der Strecke. Bei gleichem Verkehr bleibt also der Wirkungsgrad derselbe und ist unabhängig von der Länge der Betriebsstrecken. Steigert sich der Verkehr im Laufe der Zeit, was bei Wasserstrassen meist der Fall ist, so wächst die Nutzleistung, während die Widerstände annähernd konstant bleiben, der Nutzeffekt im ganzen wird erheblich grösser. Dies ist ein Vorteil, den keines der sonst aufgeführten Systeme hat. Bei dem Schleppbetrieb mit Lokomotiven z. B. müssen bei wachsendem Verkehr neue Zugmaschinen eingestellt werden, die neue Kraft verbrauchen. Wenn natürlich der Wirkungsgrad auch bei Lokomotivbetrieb im ganzen besser wird, so kann er nicht in dem Verhältnis steigen, wie bei dem Wandertau, wo eine Verkehrsvermehrung lediglich eine grössere Maschinenleistung, also grösseren Kohlenverbrauch nach sich zieht.

II. Abänderungsvorschläge.

Die dem System nach den bisherigen Ausführungen anhaftenden, oben angeführten Mängel werden beseitigt, wenn folgende Änderungen vorgenommen werden.

A. Das Wandertau ist nicht über die Treidelwege, sondern über die Wasserspiegelfläche zu legen, so dass es über das Schiffsgefäss zu liegen kommt. Bei normalen Kanalstrecken wird es sich zweckmässig gerade über der Mitte des die richtige Fahrrinne einhaltenden Kahnnes befinden. Der gegenseitige Abstand der beiden für Hin- und Rückfahrt vorhandenen Seilhälften ist gleich der Breite eines Kanalschiffes, vermehrt um den für das Begegnen zweier Fahrzeuge erforderlichen Zwischenraum. Das Tau läuft über Tragrollen, die an quer über den Kanal gespannten Seilen oder Trägern befestigt sind. In geraden Strecken hängen die Tragrollen senkrecht, in gekrümmten sind sie entsprechend dem Winkel des Seilpolygons geneigt, oder es werden hier noch besondere horizontale Führungsrollen vorgesehen. Auf dem Treidelweg oder in der Kanalböschung stehen Holzmasten oder eiserne Gitterträger, an denen die Querträger oder Trageile befestigt werden. Die Höhe des Taus über dem Wasserspiegel entspricht dem innehaltenden lichten Kanalprofil. Es ist ohne weiteres ersichtlich, dass dann alle von dem schrägen Zug der Schlepptrosse herrührenden Nachteile wegfallen, auch ist die Überführung der Schlepptrosse über am Ufer liegende Kähne nicht mehr notwendig (s. oben Nr. 1 und 6).

Eine derartige Lage des Taus über der Fahrtlinie ist bereits von Nikolas Ghérassimoff in St. Petersburg in Vorschlag gebracht. Demselben ist auch eine besondere an Seilen aufgehängte Tragrolle mit Leitschienen für die Schlepptrosse patentiert (D. R.-P. Nr. 105478).

B. Die Verbindung zwischen Wandertau und Fahrzeug erfolgt nicht durch eine Leine, sondern durch einen festen, starken eisernen Greifer, der mit dem unteren Ende dauernd oder vorübergehend am Schiff befestigt ist und oben das Seil faßt. Das Fahrzeug wird unter das Wandertau gebracht und der Greifer vom Schiff aus angesetzt. Die Fassung des Wandertaus durch den Greifer geschieht durch Gleitbacken, die an das Seil angedrückt werden. Der Druck geschieht von Hand mittels Hebelübersetzung und kann verschieden stark ausgeübt werden. Zwischen dem wandernden Tau und den Gleitbacken entsteht dann eine Reibungskraft, die dem Greifer und somit dem Kahn die Beschleunigung erteilt. Hat das Schiff die Geschwindigkeit des Wandertaus erreicht, so hört das Gleiten auf, und der Greifer befindet sich zum Tau in relativer Ruhe. Der Druck der Gleitbacken auf das Kabel muß also mindestens so groß sein, daß die Reibungskraft der erforderlichen Zugkraft gleichkommt, die dem Schiffswiderstand entspricht. Die oben unter 2 bis 5 aufgeführten Nachteile kommen dann ebenfalls in Fortfall.

Der Vorschlag geht also dahin, den Schleppebetrieb mit Wandertau den sogenannten Kabelbahnen ähnlich zu gestalten. Da über letztere jahrzehntelange Erfahrungen vorliegen, muß auf ihre technische Einrichtung, ihre Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit kurz eingegangen werden; denn nur aus diesem, bisher — soviel bekannt — nirgends angestellten Vergleich läßt sich auf die praktische Verwendbarkeit des vorgeschlagenen Systems für den Schleppebetrieb ein sicherer Schluf ziehen.

III. Amerikanische Kabelbahnen.

Das Prinzip der vorzugsweise in Amerika ausgeführten Kabelbahnen besteht bekanntlich darin, daß von einer Maschine aus ein endloses Drahtseil angetrieben wird, das um zwei Umkehrscheiben und auf der Strecke über Tragrollen läuft. Das Kabel liegt in einem Kanal unter Straßenniveau und wird mit der für die Trambahnwagen festgesetzten Geschwindigkeit betrieben. Die Wagen laufen auf Schienen und werden mittels eines Greifers, der durch einen Schlitz von oben in den Kanal geführt wird, an das Seil gekuppelt. Dieses Ankuppeln geschieht während der Fahrt von dem „Gripman“. Der Greifer ist so eingerichtet, daß er mit zwei Backen das Kabel entweder seitlich als Seitengreifer oder meist von oben und unten als Bodengreifer faßt. Beide Backen werden durch Hebelübersetzung mehr oder weniger fest an das zwischen ihnen liegende Kabel gepreßt. Der Greifer muß so gebaut sein, daß er einerseits das Seil festhalten kann, ohne es schädlichen Biegungen auszusetzen, andererseits aber leicht zu lösen ist und ferner ein Gleiten des Kabels gestattet. Der Wagen wird dann durch die Reibung mitgenommen. Beim Anfahren gleitet das Kabel zwischen den Backen, so daß der Wagen erst allmählich die ganze

Geschwindigkeit des Kabels annimmt. Dies ist besonders bei großen Seilgeschwindigkeiten nötig, um Stöße und Zerstörungen zu vermeiden. Die erste derartige Bahn wurde in St. Franzisko im Jahre 1873 gebaut: 1892 waren bereits etwa 1000 km Kabelbahnen in Betrieb. Die durchschnittliche Seilgeschwindigkeit betrug etwa 15 km/Std., es kamen aber Geschwindigkeiten bis 25 km/Std. vor. Die Kabel sind bis 12 km lang; meist wurden sie aber, namentlich bei starken Steigungen und Krümmungen der Bahnlinie, kürzer genommen. Die Züge bestehen aus einem Greiferwagen und einem oder mehreren angehängten Beiwagen.

Weitere Angaben über Einzelheiten der Bauart erübrigen sich hier. Es soll in Folgendem nur noch auf die Leistungsfähigkeit, den technischen und wirtschaftlichen Wirkungsgrad eingegangen werden.

Die Leistungsfähigkeit des Kabelbetriebes ist eine ganz erhebliche und wird von einer anderen Betriebsart kaum übertroffen. Es wird in der Beziehung auf die Angaben von Koestler¹⁾, dessen Werk zum Teil auch die folgenden Angaben entnommen sind, verwiesen. So wurden z. B. in Chicago während der Ausstellungszeit bis zu 6000 Personen pro Stunde nach jeder Richtung befördert. Besonders bei Steigungen zeigt sich der Wert dieser Betriebsart, die vollkommen unabhängig ist vom Gewicht der Fahrzeuge und dem dadurch bedingten und für Motorbahnen maßgebenden Adhäsionskoeffizienten. Es können daher auch einmal größere Zugwiderstände ohne weiteres überwunden werden, wenn der Verkehr es erfordert, sodass sich der Betrieb wirtschaftlich vorteilhaft gestaltet.

Die reinen Betriebskosten, d. h. die nur für die Zugkraft aufzuwendenden Kosten, sind nach Koestler annähernd die gleichen wie bei dem reinen elektrischen Trambahnbetrieb. Auch die Unterhaltungskosten weichen nicht viel voneinander ab. Dagegen sind die Anlagekosten für Kabelbahnen erheblich höher als für elektrische Trambahnen. Siegfried Abt²⁾ gibt an, dass Kabelbahnen in der Anlage und bei kurzen Strecken auch im Betriebe kostspielig sind, dass dagegen in großen Anlagen der Betrieb nur den dritten Teil der elektrischen kostet. Natürlich sind die Kosten für den Betrieb in jedem einzelnen Falle nach den jeweiligen örtlichen Verhältnissen verschieden. Man ersieht daraus, dass der Kabelbetrieb im Vergleich zu dem rein elektrischen keineswegs unwirtschaftlich ist; besonders in geraden Strecken gestaltet er sich äußerst vorteilhaft.

Auch rein technische Bedenken liegen gegen den Seilbetrieb nicht vor. Er war im Laufe der Jahre so vervollkommenet worden, dass er dem elektrischen kaum etwas nachgab.³⁾

¹⁾ Koestler. Ueber Nordamerikanische Strafsenbahnen. Wien und Leipzig 1896.

²⁾ Siehe Handbuch der Ingenieurwissenschaften.

³⁾ Vergl. Schimpff, Die Strafsenbahnen in den Vereinigten Staaten von Amerika. Berlin 1903.

Dennoch wurden die zahlreichen Kabelbahnen in den Vereinigten Staaten allmählich in elektrische umgewandelt, sodafs zuletzt ein Kabelbetrieb nur noch in St. Franzisko und Chicago bestand. Die Gründe dafür lagen zum Teil in den amerikanischen Verhältnissen selbst, zum Teil aber auch in Unzuträglichkeiten, die den Kabelbetrieb für städtische Strafsen mit den zahlreichen an den Verkehr, die Sicherheit, den Geschäftsgewinn usw. zu stellenden Anforderungen ungeeignet machen.

Diese Nachteile sind:

a) Die hohen Anlagekosten. Besonders ins Gewicht fällt hierbei die Herstellung des Kanals unter dem Strafsenniveau. Diese Kanäle wurden in Amerika meist aus Beton zwischen Eisen- oder Stahljochen gebaut. Letztere waren in Entfernungen von etwa 1 m angeordnet und dienten zugleich als Auflagerschwellen für die Schienen. Alle 10 m etwa waren zur Vornahme von Reparaturen Einsteigschächte vorhanden. Diese Kosten wurden noch erheblich vermehrt durch die notwendigen Verlegungen von Gas- und Wasserleitungen, der Kanäle und dergl., durch Pflasterungen, Entwässerungsanlagen der Seilkanäle, durch Kreuzungen mit anderen Bahnen, durch scharfe Krümmungen usw. Man kann für die Herstellung dieser Seilkanäle annähernd die Hälfte der Gesamtkosten der ganzen Anlage rechnen.

b) Die Schwierigkeit, die Geschwindigkeit während der Fahrt zu regeln und die infolgedessen unvermeidlichen Unglücksfälle. In engen und verkehrsreichen Strafsen war zwar ein zweites, langsamer laufendes Kabel verlegt, welches vom ersten durch Übersetzung angetrieben wurde. Immerhin lag die Wagengeschwindigkeit nicht vollständig in der Hand des Führers. Bei den großen Geschwindigkeiten kamen daher zahlreiche Unglücksfälle vor, zumal da der Gripman den Wagen nicht sofort zum Stehen bringt, weil er die Bremse erst nach Auslösen des Greifers bedienen kann. Gegenüber der kurzen Zeit, in der elektrische Bahnen gebremst werden können, ist dieser Nachteil des Kabelbetriebes ganz erheblich.

c) Der Strafsenschmutz. Dieser fällt durch den oberen Schlitz in den Seilkanal und lagert sich dort auf Seil und Rollen ab, wodurch die Abnutzung gesteigert und die Bewegung gehindert wird. Öftere Reinigung der Kanäle ist daher erforderlich.

d) Die schnelle Abnutzung des Kabels. Nach Koestler ist die durchschnittliche Dauer eines im Betriebe befindlichen Drahtkabels auf 8 Monate anzunehmen. Diese schnelle Abnutzung wird durch die gleitende Bewegung des Greifers veranlaßt, die ja bei jedem Anfahren und Halten eintritt. Wenn man bedenkt, dafs die Trambahnen beinahe an jeder Strafsenkreuzung halten, auf freier Strecke auch viel bremsen müssen, wird man bei der schnellen Aufeinanderfolge der Züge einsehen, dafs die dann eintretenden Reibungen und Stöße das Drahtseil sehr mitnehmen müssen, selbst

wenn die Backen des Greifers aus einem weichen Metall hergestellt sind, und das Seil zur Erhöhung der Dauer und zur Erzielung einer glatten Oberfläche mit einem Überzug von Teer oder Leinöl versehen ist. Unter sonst gleichen Umständen steht die Abnutzung des Seiles zur Anzahl der Haltepunkte etwa im geraden Verhältnis. Dazu kommt noch die Seilabnutzung an den Strafsenbiegungen und Wegkreuzungen durch Biegungs- und Torsionsspannungen und die Abnutzung infolge der großen Geschwindigkeit mit der das Seil über die Rollen läuft. Ferner trägt die ständige Lagerung in dem feuchten und der Luft nicht zugängigen Kanale zur Zerstörung bei.

e) Die Energieverluste, die durch die Bewegung des Kabels entstehen. Sie werden hervorgerufen durch die Reibungswiderstände des Seiles an den Tragrollen und Seilscheiben, durch den Seilbiegungswiderstand und dergl. Einen großen Kraftverbrauch bedingen die meist rechtwinkeligen Krümmungen an den Strafsenkreuzungen. Je weniger Krümmungen vorhanden sind, desto geringer wird auch dieser Widerstand, denn es entsteht bei jeder Biegung des Seiles eine Horizontalkomponente der Seilspannung, die durch seitliche Führungsrollen aufgenommen werden muß, und in diesen einen Zapfenreibungs- und im Seil einen Biegungswiderstand hervorbringt. Die Widerstände wachsen fernerhin rasch mit der Seilgeschwindigkeit. Ein weiterer Kraftverlust entsteht durch den Leergang der Kraftmaschine und der Vorgelege. Diese Gesamtverluste sind bei Kabelbahnen recht bedeutend, sodafs nach den verschiedenen Angaben auf die Wagen nur etwa 42—55 % der gesamten Arbeitsleistung kommen.

IV. Vergleich zwischen Kabelbahnen und Schleppeinrichtung mit Wandertau und Reibungsgreifer.

Eine einfache Überlegung zeigt, dafs die geschilderten Nachteile speziell durch die Anwendung des Kabelbetriebes auf Trambahnen zur Personenbeförderung in Städten bedingt sind, dafs sie aber bei dem vorgeschlagenen Schleppebetrieb auf Kanälen mit Wandertau und Reibungsgreifer entweder ganz in Forfall kommen oder doch sehr wesentlich herabgemindert werden.

Die Anlagekosten werden hier nicht durch den teuren Leitungskanal mit allen seinen Nebenanlagen in die Höhe getrieben. Dagegen können die Tragrollen und Masten in großen Abständen gesetzt werden. Schwierigkeiten an den Kanalkrümmungen treten nicht auf, da diese nur flach sind. Mit einer Seilabnutzung ist natürlich auch im Schleppebetrieb zu rechnen. Sie wird aber sehr viel geringer sein, weil der Greifer meist nur bei Beginn und bei Beendigung der Fahrt gleiten wird. Meist wird ein Kahn viele Kilometer zurücklegen, ohne dafs der Greifer gelöst zu werden braucht. Auch ist die Zahl der geschleppten Fahrzeuge und somit der durch sie veranlafsten Stöße

ja viel geringer als beim Trambahnbetrieb. Die starken Biegungsspannungen durch plötzliche Umlenkungen des Kabels fallen gleichfalls fort. Auch sind Wandertau und Rollen überall leicht zugänglich, sodafs Schäden ausgebessert werden können, bevor sie gefährlich werden. Bemerkte sei, dafs bei den Drahtseilbahnen der Schweiz, die allerdings keinen Reibungsgreifer haben, die Kabel sich jahrelang halten, ohne erneuert zu werden. Der Wirkungsgrad mufs, wie bereits erwähnt, ein viel höherer sein, da die vielen Anlässe zu Energieverlusten nicht gegeben sind.

Es bleiben somit in der Tat nur die Vorteile des an sich schon sehr wirtschaftlichen Betriebes der Kabelbahnen für den Schleppbetrieb mit Wandertau übrig. Ein grundsätzlicher Unterschied beider liegt nur darin, dafs die Trambahnen auf Schienen laufen, während die Kähne keinen festen, vorgeschriebenen Weg haben. Bei der Ausführung mufs dem natürlich Rechnung getragen werden, was aber keinerlei Schwierigkeiten macht. Da der Angriffspunkt der Zugkraft an der Spitze des Kähnes liegt, wird es selbst bei falscher Steuerung an und für sich schwer sein, das Fahrzeug aus dem Kurs zu bringen.

Einzelheiten der Konstruktion sollen hier nicht gegeben werden, da sie nur Wert haben, wenn sie durch praktische Versuche erprobt werden können, wozu Gelegenheit bisher nicht gegeben ist. Nur auf einige Hauptpunkte soll noch eingegangen werden.

V. Einrichtung des Schleppzuges mit Wandertau.

Das Drahtseil bildet einzelne Schleifen, an deren Enden sich Umkehrscheiben befinden. Diese können beide als Trieb scheiben dienen, oder es wird nur die eine zur Kraftabgabe benutzt. Die zur Regelung der Seilspannung erforderliche ausgleichende Bewegung der Spanscheiben kann durch Gewichte, hydraulisch durch Akkumulatoren, oder durch elektrischen Antrieb erfolgen. Die Umkehrscheiben können unter den stets vorhandenen Brücken eingebaut werden, sodafs sich hierfür besondere Spannwerke über dem Kanal erübrigen. Allerdings werden bei dieser Anordnung höhere Brückenlagen bedingt. Die Entfernung der Tragrollen und damit der Masten kann in geraden Strecken unbedenklich bis zu 100 m genommen werden. Die Durchsenkung des Taus beträgt dann etwa 1,5 m. Wo auf der Wasseroberfläche ein Verkehr von Ufer zu Ufer mit hochragenden Fahrzeugen betrieben wird, ist das Wandertau entsprechend höher zu legen. Besondere Schwierigkeiten in der Bauart des Greifers entstehen dadurch nicht. Dieser mufs natürlich mit seinen Backen vom Tau über die Tragrollen ungehindert geführt werden können.

Wesentlich, namentlich hinsichtlich der Betriebskosten, ist die Wahl eines allen Anforderungen entsprechenden Drahtseiles.

Es mufs die genügende Bruchfestigkeit besitzen, darf sich nicht zu sehr strecken und möglichst wenig abnutzen. Vielleicht eignen

sich hierfür sehr gut die Seile in verschlossener Konstruktion, die obigen Bedingungen entsprechen und außerdem eine glatte, zylindrische Oberfläche haben, die vom Greifer wenig angegriffen werden kann. Allerdings sind diese Seile weniger biegsam, was namentlich bei den Umkehrscheiben Kraftverluste hervorbringt. Es steht aber nichts im Wege, durch Wahl großer Seilscheiben diese Verluste gering zu halten. Derartige Seile haben sich bei Drahtseilbahnen in der Schweiz recht bewährt.

Bei dem Laufen über Trommeln in den Stationen kann das Kabel nachgesehen werden. Eingehende Prüfungen und Reparaturen erfolgen des Nachts. Nach den Erfahrungen in Amerika erfordert eine Splissung des Seiles einen Zeitaufwand von $1\frac{1}{2}$ Stunden. Ein neues Kabel wurde dort in 2 bis 3 Stunden eingesetzt. Es kann auch neben dem Betriebskabel dauernd ein Reservetau vorgesehen sein, das im Bedarfsfalle über die Rollen gelegt wird oder von vornherein auf einem zweiten Rollensystem lagert.

Die überall gleiche Geschwindigkeit des Taus, die bei den Kabelbahnen in bald belebten bald verkehrsarmen Strafsen als Nachteil empfunden wurde, ist beim Schleppbetrieb ein Vorteil, da auf die Weise eine große Gleichmäßigkeit des Transports nach beiden Richtungen gewährleistet wird. Sollte auf einzelnen Strecken bei Häfen usw. eine Verlangsamung der Geschwindigkeit erwünscht sein, so kann vom ersten Tau ein zweites durch Übersetzung angetrieben werden. Bei den Kabelbahnen machte dies keinerlei Schwierigkeiten.

Von Vorteil ist es, auch bei dem Betrieb mit Wandertau elektrische Energie zu verwenden. Bei Anordnung einer Zentrale können große und billig arbeitende Maschinen aufgestellt werden. Außerdem ist längs eines belebten Kanals eine elektrische Leitung erwünscht zur Abgabe von Kraft an industrielle Unternehmungen, zur Bedienung der Schleusen, zur Beleuchtung usw. Die Kraftstation kann dann im Schwerpunkt des Verbrauchsnetzes aufgestellt werden. Eine Starkstromleitung führt zu den einzelnen Motoren, die die Seilscheiben antreiben.

V. Vergleich zwischen Schleppzug mit Wandertau und Reibungsgreifer und mit elektrischen Schlepplokomotiven.

Es soll nun zum Vergleich noch auf die Punkte eingegangen werden, die oben als Nachteile des Schleppbetriebes mit elektrischen Lokomotiven hervorgehoben wurden.

1. Die Anlagekosten. Bei dem Wandertau in der beschriebenen Ausführung können die Masten für die Tragrollen in die Kanalböschung gesetzt werden. Für den eigentlichen Schleppbetrieb braucht demnach überhaupt kein Leinpfad vorhanden zu sein. Wird auf ihn verzichtet, so bedeutet dies von vornherein eine Ersparnis von etwa $\frac{1}{5}$ am Grunderwerb. Dazu kommt die verringerte Spann-

weite der Brücken. Wird aber ein Leinpfad für den Landverkehr als notwendig erachtet, so kann er in der Breite auf das Notwendigste beschränkt werden und erfordert viel weniger Kosten in seiner ganzen Herstellung. Die Gleise, Lokomotiven mit allen Reserven usw. kommen in Fortfall. An deren Stelle treten die Doppelmasten mit Querverbindung und Tragrollen. Zu bemerken ist, daß vorhandene Brücken ohne weiteres als Rollenträger dienen können. Es kann sich erst bei einem Versuch herausstellen, welches die zweckmäßigste Entfernung der Tragrollen ist. Auf Grund der Erfahrung am Oder-Spree-Kanal wurde für einen eventuellen Versuch am Dortmund-Ems-Kanal alle 60—70 m eine Tragrolle angenommen. Voraussichtlich kann aber die Entfernung bei der vorgeschlagenen Betriebsart größer genommen werden. Jedenfalls wird man mit 14 Doppelmasten für das Kilometer auskommen. Die Masten und Quergestänge können leicht gehalten werden, da sie wenigstens in geraden Strecken von größeren Kräften nicht belastet werden. Da die an starren mastartigen Gestängen befestigten Gleitbacken in Höhe der Tragrollen angreifen, ist die durch den Schiffszug veranlasste Kraft wagrecht, belastet die Tragrollen demnach nicht. Letztere haben daher nur das Gewicht des Tauses und die wagerechte Kraft der Seilreibung auf den Rollen aufzunehmen. Vielleicht genügt als Querkonstruktion ein seitlich versteiftes einfaches oder doppeltes Drahtseil (siehe Fig. VIII). Die Kosten eines Doppel-

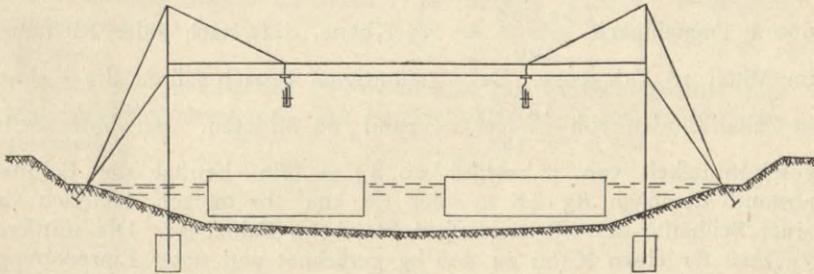


Fig. VIII.

mastes mit Querverbindung und Tragrollen werden dann 1000 Mk. kaum übersteigen. Für das Kilometer macht dies 14,000 Mk. Dazu kommen in 10 bis 20 km Entfernung die Umkehrscheiben mit Motoren, die aber bei Doppelschleifen nur alle 20 bis 40 km vorzusehen sind. (Transformatoren bezw. Umformerstationen kommen, da sie bei jedem derartigen elektrischen Betrieb mit Hochspannleitung notwendig sind, beim Vergleich nicht in Betracht.) Ferner umfassen die Anlagekosten die Hochspannleitung mit Isolatoren usw., die an den vorhandenen Masten befestigt wird, sodann noch Führungsrollen und die erforderliche Anzahl von beweglichen Greifern, die den Schiffen mitzugeben sind, und deren Anzahl der Verkehrsgröße entspricht. Die durchschnittlichen Anlagekosten für das Kilometer werden alles in allem ohne Drahtseil

kaum mehr als 25,000 Mk. betragen. Das ist etwa die Hälfte der Kosten allein für die Gleis- und Leitungsanlage bei Lokomotivbetrieb. Die Kosten für die Krafterzeugung sind natürlich, wie oben, besonders zu rechnen. Das Drahtseil wird wegen des öfteren Ersatzes zweckmäßig in die Betriebskosten gerechnet.

2. Die Betriebskosten. Hier ist vor allem zu bemerken, daß Betriebspersonal auf der Strecke im gewöhnlichen Betrieb nicht gebraucht wird. Die Bedienung des Greifapparates erfolgt durch die Schiffsbemannung, da eine besonders angelernte Fertigkeit nicht erforderlich ist. Es wird also an Löhnen, die in anderen Fällen den Betrieb außerordentlich belasten, wesentlich gespart. Ferner entfällt die Unterhaltung eines Gleises mit Nebenanlagen, die Ausbesserung der Lokomotiven und die Unterhaltung einer Fahrleitung. Auch der Bedarf an Schmier- und Putzmaterial ist viel kleiner. Dagegen fällt ins Gewicht die Unterhaltung bzw. Erneuerung des Wandertaues.

Die Beanspruchung des Wandertaues berechnet sich z. B. bei einem Jahresverkehr von 4 Millionen t und der Länge einer Seilschleife von 15 km wie folgt:

Bei 270 Betriebstagen und einem Zuschlag von 50⁰/₀ für den stärksten Verkehr beträgt die stärkste Tagesleistung $\frac{4\,000\,000}{270} \cdot 1,5 =$ rund 22 000 t, oder bei einer mittleren Nutzlast von 400 t für Kähne von 600 t Tragfähigkeit $\frac{22\,000}{400} = 55$ Kähne, d. h. nach jeder Richtung im Mittel 28 Fahrzeuge. Bei 13 stündigem Betrieb fahren die Kähne in Zeitabständen von $\frac{13 \cdot 60}{28} =$ rund 28 Minuten. Bei einer Seilgeschwindigkeit von 5 km/Std. = 83 m Min. beträgt der Schiffsabstand demnach 83 · 28 m oder 1,7 km. Es hängen demnach an einer Seilhälfte der 15 km langen Strecke 9 Fahrzeuge. Die mittlere Zugkraft für einen Kahn zu 800 kg gerechnet und unter Einrechnung eines Zuschlages von 20⁰/₀ für die Eigenwiderstände des Taues ergibt sich eine Beanspruchung des Kabels von rund 9000 kg. Bei 4 facher Sicherheit ist demnach eine Bruchfestigkeit von 36 000 kg zu verlangen, wenn jede Endscheibe angetrieben wird. Bei dem Betrieb mit Doppelschleifen verdoppeln sich die angegebenen Zahlen, sodafs 72 000 kg Bruchfestigkeit notwendig sind. Ein Seil in verschlossener grobdrähtiger Konstruktion von rund 75 000 kg Bruchfestigkeit hat bei einem Durchmesser von 3 cm ein Gewicht von 5,4 kg/lfd. m und kostet etwa 5 Mk. pro Meter. Für das Kilometer Doppelleitung macht dies 10 000 Mk. Mit einer 5 jährigen Dauer (d. h. der Hälfte der Zeit, die das Kabel im Mont de Billy gehalten hat) kann bei einer sachgemäfsen Behandlung wohl gerechnet werden, so dafs sich einschliefslich der sonstigen Reparaturen und unter Berücksichtigung des Altwertes verschlissener Kabel die jährlichen Unterhaltung- und Erneuerungs-

kosten des Taues auf etwa 2500 Mk. für das Kilometer stellen würden. Der Ersatz der Gleitbacken in den Greifern fällt weniger ins Gewicht, da die Backen aus billigem Material (in Amerika hat sich weiches Gufseisen bewährt) herzustellen sind, desgleichen die Unterhaltung und Erneuerung der Rollen, Scheiben und dergl. Genauere Zahlen für die direkten Betriebskosten und vor allem auch für deren Verhältnis zu den Verkehrsgrößen lassen sich nur auf Grund einer ausgeführten Probestrecke machen. Es sei noch angeführt, daß für die Tunnelstrecke im Mont de Billy die direkten Betriebskosten nach la Riviere aber einschließlic der Löhne, der Betriebskraft und der Erneuerung (mit Ausnahme des Kabels) 12,000 Mk. d. h. für das Kilometer etwa 4600 Mk. jährlich betragen. Nach alle dem kann angenommen werden, daß die Betriebskosten keinesfalls höher sein können als beim elektrischen Lokomotivbetrieb.

3. Der Wirkungsgrad wurde bereits oben als günstig namentlich bei starkem Verkehr geschildert. Wird er um die Hälfte höher als bei den in dieser Hinsicht viel unvorteilhafteren Kabelbahnen angenommen, so stellt er sich auf etwa 75 %.

4. Alle Nachteile, die der schräge Zug der Schlepptrosse hat, fallen fort, da ein schräger Zug überhaupt nicht ausgeübt wird.

5. Der Verkehr auf dem Leinpfad ist nach jeder Richtung hin unbehindert.

6. Es steht nichts im Wege, die Masten auch in seeartigen Kanalstrecken zu errichten, falls nicht zu große Wassertiefen dies verhindern.

7. Da bei dem Betrieb mit Wandertau nur die Schiffsbemannung in Anspruch genommen wird, sind Unglücksfälle durch Mißverständnisse ausgeschlossen.

Viertes Kapitel.

Schlussfolgerungen.

Auf Grund der bisherigen Ausführungen kann behauptet werden, daß der Schleppbetrieb mit Wandertau in der vorgeschlagenen Art am meisten von allen betrachteten Systemen den eingangs aufgestellten Bedingungen entspricht, die im Interesse der Leistungsfähigkeit einer Wasserstrasse an das Schleppmittel zu stellen sind. Die Regelmäßigkeit des Verkehrs ist durch die stets gleiche Geschwindigkeit des Kabels wie durch ein Uhrwerk verbürgt. Besondere Betriebsverordnungen über den innezuhaltenden Abstand der Fahrzeuge und dergl. sind natürlich außerdem notwendig. Für den Monopolbetrieb mit festen Tarifen ist das System vorzüglich geeignet. Die Einzelschiffahrt ist vollständig gewährleistet. Die Schnelligkeit kann, ohne Schädigung der Kanalwandungen durch Wirbel im Wasser, bis zu der wirtschaftlich gerechtfertigten Höchstgrenze gesteigert werden. Der technische und wirtschaftliche Wirkungsgrad sind sehr gut und werden immer besser mit steigendem Verkehr. Die Schleppkosten sind daher geringer als bei den anderen Systemen. Die ganze Schifffahrtsstrecke hat völlig freie Ufer und bietet ungehinderte Möglichkeit für jeden Längs- und Querverkehr, sowie für Lösch- und Ladebetrieb jeder Art. An der technischen Durchführung aber ist nach den Erfahrungen bei den Kabelbahnen gar nicht zu zweifeln.

Ist auch anzunehmen, daß die am Teltow-Kanal ausgeführte Schleppeinrichtung im Laufe der Jahre befriedigende Ergebnisse zeitigen wird, so ist doch zu bedauern, daß ein anderes neueres mit gleicher Sorgfalt durchgearbeitetes und mit so reichen Geldmitteln hergestelltes System des mechanischen Schiffszuges zum Vergleich nicht herangezogen werden kann; besonders gilt dies vom Wandertau.

Es besteht somit die Gefahr, daß das Lokomotiv-System typisch wird, und der ganze Schleppbetrieb in unrichtige Bahnen geleitet wird. Denn es unterliegt gar keinem Zweifel, daß ihm, unbeschadet seiner Vollkommenheit im einzelnen, viele und schwerwiegende grundsätzliche Nachteile anhaften, die im Vorstehenden aufgeführt wurden.

Die erwähnte Gefahr ist um so grösser, als das Gebiet des mechanischen Schiffszuges der freien Konkurrenz, die sonst nach längerem Tasten meist das Richtige findet, vollkommen entzogen ist.

Versuche hierin im großen — und darauf kommt es an — sind dem Privatkapital zu teuer und zu ungewiss im Erfolge. Auch müßte ja erst eine geeignete Versuchsstrecke verfügbar sein. Die Verhältnisse liegen hier ähnlich wie bei der empirischen Ermittlung des Schiffswiderstandes. Nur daß dabei die Versuche im kleinen, d. h. mit Modellen weit aussichtsreicher sind. Trotzdem konnten auch hier erst Versuche im großen, wie sie für Kanäle de Mas in Frankreich und Haack auf dem Dortmund-Ems-Kanal anstellten, absolut zuverlässige Werte geben. Derartige, zunächst unproduktive Versuche kann meist nur der Staat anstellen. Bei der Wichtigkeit der richtigen Schleppmethode für die künftige Leistungsfähigkeit der Wasserstraßen und im Interesse der Ausnutzung des in die Kanalbauten gesteckten Kapitals sollte von solchen Versuchen, die für die richtige konstruktive Durchbildung der Einzelheiten wesentlich sind und sich später reich bezahlt machen, nicht zurückgeschreckt werden. Dies steht ja auch im Einklang mit den auf den Internationalen Schiffahrtskongressen gefaßten Beschlüssen. Und zwar werden derartige Versuche zweckmäßig vor dem Beginn von Neubauten gemacht. Denn ein Kanal ist in den Abmessungen des Profils, des Leinpfades, der Brücken, Schleusen usw. zum großen Teil durch den zukünftigen Schleppbetrieb bestimmt.

Deutschland ist in der bevorzugten Lage, nach Fertigstellung der neuen Kanäle ein Wasserstraßennetz zu haben, dessen Leistungsfähigkeit von dem keines andern Landes erreicht wird. Wird diese Leistungsfähigkeit nun auch gründlich ausgenutzt, so bedeutet dies einen weiten Vorsprung im Verkehrsleben und der gesamten Wirtschaftsgestaltung.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

5-96

31

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297601