

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND  
DER  
SCHIFFFAHRTS-CONGRESSE

# X. CONGRESS-MAILAND-1905

I. Abteilung : Binnenschifffahrt  
3. Frage

## DIE SYSTEME

die zum Ausgleiche der grossen Höhenunterschiede  
ZWISCHEN DEN KANALHALTUNGEN GEEIGNET SIND

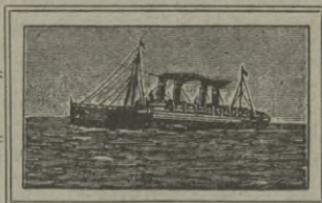
## BERICHT

VON

**B. GERDAU**

*Oberingenieur*

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSEL

BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)  
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905



~~II 7276~~

II 349884

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299437

BPK-B-362/2017

# STUDIE ÜBER DIE SYSTEME

WELCHE ZUM

Ausgleich der grossen Höhenunterschiede der Kanalhaltungen geeignet sind.

---

## BERICHT

VON

**B. GERDAU.**

---

Was unter grosse Höhenunterschiede in Kanalhaltungen zu verstehen ist, dürfte sich am einfachsten dahin beantworten lassen, dass es die sind, die mit der einfachen Kammerschleuse nicht überwunden werden können, also Höhenunterschiede von mehr als 10 bis 12 Meter. Höhen bis zu 12 Meter dürften noch im äussersten Falle mit der einfachen, offenen Kammerschleuse und mit Stemmthoren überwunden werden können. Beispielsweise ist ja die Schleuse von St.-Denis für 10 Meter Höhenunterschied hergestellt. Auch an der Westküste von England, wo Fluthöhen von mehr als 30' engl. vorkommen, sind die Schleusentore, die Schleusenkammern und Quaimauern der Docks für diese Höhenunterschiede im Wasserspiegel eingerichtet. Nun ist man neuerdings daran gegangen, Projekte von sogenannten Schachtschleusen zu entwerfen, die für noch grössere Höhenunterschiede bis zu 20 Meter dienen sollen. Aber diese Höhenunterschiede dürften über das zweckmässige Mass für Einzelammerschleusen hinausgehen. Es ist anzunehmen, dass die verhältnismässig rasch auf einander folgenden Ent- und Belastungen der Seitenmauern und des Bodens der Schleuse ungünstig auf diese einwirken müssen, und dass das Mauerwerk den dynamischen Kräften nicht Stand halten wird. Verhältnisse, die durch die obere Haltung immerhin ein Auswaschen des Bodens durch Quellen oder Sickerwasser zulassen, dürften die Anlage einer Schachtschleuse bedenklich erscheinen lassen. Auch wird selbst bei Anwendung zahlreicher Sparbecken der Wasserverbrauch ein sehr grosser sein. Die grosse Zeitdauer der einzelnen Schleusungen wird überdies eine Doppelanlage erfordern. Ferner wird die Schachtschleuse durch

~~etke~~ 3681/51

die vielen unter Wasser liegenden Schieber für die Sparbecken und durch das erforderliche Unterwassertor auch vom maschinentechnischen Standpunkt aus nichts weniger als einfach. Endlich ergeben sich durch das Füllen und Entleeren der grossen Schleuse noch grössere Wasserschwankungen und Wasserbewegungen in den Haltungen, als es schon bei der gewöhnlichen Schleuse der Fall ist. Man kann also aussprechen, dass für grössere Höhen, als höchstens 12 Meter, die Einzelschleuse nicht in Frage kommt. Die Erfahrungen, welche man mit Schleusen von geringem Gefälle im Allgemeinen gemacht hat, sind ja gute, aber sie berechtigen nicht zu der Annahme, dass Einzelschleusen oder Schachtschleusen nun auch zum Ausgleich grosser Höhenunterschiede von Kanalhaltungen ohne Weiteres zweckmässig seien. Als Mittel hierfür können nur die Schleusentreppen mit geringen Einzelstufen und die mechanischen Hebewerke in Betracht kommen.

In den vielen Jahren der Erörterungen dieser Einrichtungen sind hunderte von Entwürfen gemacht und in Preis- und Konkurrenz-Ausschreibungen endlos viele Ideen und Vorschläge aufgestellt, ohne dass die Frage dadurch gelöst oder auch nur geklärt wäre. Im Gegenteil, man kann sagen, dass durch Heranziehung der weitesten Kreise zu diesen Fragen, die sonst den schiffahrtstechnischen Einrichtungen und Anforderungen ganz fern stehen, die Lage für die meisten jetzt viel verworrener sein muss, als vorher. Es muss deshalb richtig erscheinen, nicht die Einrichtungen aus dem Gesichtskreis zu verlieren, die ausgeführt sind.

Bezeichnend ist auch das letzte Preisausschreiben in Oesterreich für Entwürfe von Kanalschiffshebewerken. Das Preisgericht hat sich in erster Linie für die längs geneigte Ebene entschieden, wogegen wohl nichts einzuwenden ist, aber das Hauptgewicht auf die Vermeidung von Zeitverlusten an den Haltungen gelegt, was seiner Meinung nach nur durch von einander unabhängiges Abfahren der Tröge von den Haltungen erreicht werden kann. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend hat es den freifahrenden Trögen ohne Ausgleichung der toten Massen und nur mit gelegentlicher Ausgleichung auf elektrischem Wege den Vorzug gegeben.

In schiffahrtstechnischer Hinsicht liegt nun aber gar keine Schwierigkeit darin, Zeitverlust an den Haltungen zu vermeiden, und bei wirklich starkem Verkehr, wobei dies nur in Frage kommt, ein gleichzeitiges Beladen beider Tröge an den

Haltungen vorzunehmen. Es ist also ganz unverständlich, weshalb auf eine so nebensächliche oder doch leicht lösbare Frage die ganze Anordnung zugeschnitten werden soll unter Preisgebung aller Einfachheit und Oekonomie im Betriebe und in der Anlage.

Beispielsweise sind die meisten Hebewerke, die zur Ausführung gelangten, doppeltrögige, bei denen das eine Troggewicht das andere ausgleicht, so die senkrechten Hebewerke bei Anderton, bei Les Fontinettes, bei La Louvière und in Peterborough (Amerika), ferner die geneigten Ebenen bei Elbing, bei Meaux in Frankreich, bei Foxton in England, u. s. w.; also Hebewerke, die bis in die neueste Zeit hinein gebaut sind, haben zwei Tröge, die mit einander auf direktem mechanischen Wege verbunden sind, und deren tote Gewichtsmassen, gegen einander ausgeglichen, aufgehoben sind, ohne dass Nachteile in dem Verkehr an den Haltungen entstehen. Einzig das Schiffshebewerk in Henrichenburg ist eintrögig ausgeführt, und sein Betrieb hängt jeweilig nur von einer Haltung ab. Aber hier ist dieser Vorteil nicht erkaufte durch die Weglassung einer Ausgleichung der toten Massen sondern in der Art der Unterstützung derselben gelöst, und zwar durch tauchende Schwimmer in einer Weise, wie es vollständiger nicht möglich ist.

Wenn man sich auch mit der längsgeneigten zweifährigen Ebene für grosse Höhen einverstanden erklären kann, so muss es doch unrichtig erscheinen, wenn man nicht auf eine genügende, und zwar eine mechanische Ausgleichung der Tröge Rücksicht nimmt, vielmehr die ganze Anordnung des Hebewerkes darauf zuschneidet, dass die geringfügigen Zeitverluste beseitigt werden, welche vielleicht durch das ungleichzeitige Ankommen der Schiffe hervorgerufen werden. Viel wichtiger als der letzte Umstand ist die Frage des Antriebes und der Auflagerung des Troges auf seinen Fahrbahnen und das Verhalten des Wasserspiegels im Trog während der Fahrt. Diese Fragen sind wenig beachtet und völlig gegen die vorerwähnten Zeitverluste zurückgestellt, so dass darüber im Weiteren noch einige Bemerkungen gemacht werden sollen.

Zunächst möge über die Verwendung der Hebewerke im Allgemeinen gesagt werden, dass an Hand der Ausführungen vertikale Hebewerke bis zu Höhen von 25 Meter sehr wohl durchführbar erscheinen. Ist doch schon das neueste senkrechte Hebewerk in Peterborough in Amerika für eine Höhe von 20 Meter und zwar in sehr grossen Abmessungen ausgeführt. Auch die Ausführung eines Hebewerkes auf Schwimmern lies-

se sich ohne Weiteres bis zu einer Höhe von 25 Meter durchführen, und zwar in erheblich grösseren Dimensionen, wie das Henrichenburger. Insoweit muss überhaupt das Hebewerk Henrichenburg als Ideal hingestellt werden, da dieses System in Bezug auf Grössenverhältnisse in der Beförderung von Schiffen auch mit Masten unbegrenzt ist. Diese Art von Hebewerken liesse sich ohne Weiteres für die grössten in Betracht kommenden Gewichte, beispielsweise auch für Seeschiffe ausführen, und zwar in so einfacher und sicherer Weise, wie es mit keinem anderen Hebewerke möglich ist.

Wenn also die Verwendung der vertikalen Hebewerke bis zu 25 Meter Höhe möglich ist, so kommen darüber hinaus die Hebewerke auf geneigter Ebene in Frage. Hier dürfte die längsgeneigte Ebene aus verschiedenen Gründen die wünschenswertere Anordnung gegenüber der quergeneigten Ebene sein. Die Einführung eines solchen Hebewerkes in die Kanalstrecke ist die einfachere. Der von den Schiffen auf der Ebene zurückgelegte Weg ist gewonnene Fahrlänge auf dem Kanal. Die Gradführung des Troges auf seiner Bahn ist eine einfache und der Anschluss an die Haltungen sehr leicht. Allerdings hat der längsfahrende Trog gegenüber dem querfahrenden den Nachteil, dass bei ungleichförmigen Bewegungen oder Stosswirkung in der Bewegung leichter schädliche Wasserbewegungen im Troge auftreten können. Dieser Nachteil lässt sich aber durch eine gleichmässige und auf genügende Weglänge vorgesehene Beschleunigung der Fahrgeschwindigkeit des Troges beim Anfahren, sowie durch eine in gleicher Weise bewirkte Verzögerung bei der Abstellung des Troges nahezu vermeiden.

Was den Antrieb betrifft, so muss während der Fahrt natürlich der Gang des Getriebes ein möglichst ruhiger sein. Dies lässt sich schwer durch Zahngetriebe erreichen, und es muss daher richtig erscheinen, den Antrieb *nicht* durch eine mit dem Trog gekuppelte Winde, die in auf der Bahn festverlagerten Zahnstangen treibt, zu bewirken, da die hierbei entstehenden Vibrationen Schwankungen des Wasserspiegels verstärken.

Weit richtiger erscheint eine Antriebsart, wie sie bei den bis jetzt ausgeführten geneigten Ebenen bewirkt wird, nämlich vermittelt einer am Oberhaupt feststehenden Winde, die mittelst Seilen die Tröge auf- oder abwindet. Diese Einrichtungen arbeiten an den betreffenden Stellen sehr gut. Nur die geneigte

Ebene bei Meaux ist mit einer auf dem Troge befindlichen Winde versehen, welche durch ein Seilgetriebe in Gang gesetzt wird. Die Winde zog den Trog anfänglich über eine auf der Bahn verlagerte Kette hinauf, ähnlich wie dies bei der Ketten-schiffahrt in Gebrauch ist. Diese Art des Antriebs bewährte sich aber nicht, und man hat dort nachträglich eine Zahnstange nach dem Riggerbach'schen System, die nach unten offene Zahn-lücken hat, verwendet, welche auf der Bahn verlagert ist, und worin dann die Winde mit ihrem Treibrad eingreift und den Trog weiter bewegt. Die Fahrgeschwindigkeit für die Tröge beträgt 0,25 m pro Sekunde, ist also sehr gering. Der Gang ist weniger ruhig als bei den Anordnungen auf den Elbinger Ebenen und bei Foxton. Die für die vorerwähnten Ebenen in Betracht kommenden Kähne haben nur ein geringes Gewicht, und sind deshalb ausser bei Foxton trocken auf dem Wagen gelagert.

Für die neuerdings in Frage stehenden Kanäle mit erheblich grösseren Abmessungen und Schiffen von 600-800 t und mehr kann weder die Trockenförderung der Schiffe, noch die Beförderung mittelst Seiltrommelwinde in Anwendung kommen. Das Schiff muss vielmehr schwimmend im Troge befördert werden, und es erscheint zweckmässiger, statt durch Seile, die Bewegung beider Tröge durch Gelenkkette von einem feststehenden Punkte am Oberhaupt aus gleichmässig zu bewirken. Die Kräfte, welche für die Bewegung der Tröge in Frage kommen, und welche bei so geringen Neigungen wie 1 : 25 schon annähernd 100 t betragen, können mit Seilen und einfachen Trommelwinden, wie sie bisher für die Ebene in Anwendung waren, nicht wohl bewältigt werden. Dagegen kann durch Verwendung einer beide Tröge verbindenden Gelenkkette, welche über eine am Oberhaupt verlagerte Kehrrolle geführt wird, die Bewegung der Tröge zuverlässig und mechanisch einfach bewirkt werden. Die Gelenkkette bewirkt die Gewichtsausgleichung der Tröge und vermittelt, in dem die Kehrrolle am Oberhaupt in Umlauf gesetzt wird, auch die Bewegung der Tröge.

Es lassen sich mit dieser Einrichtung wesentliche Vorteile erzielen. Der Antrieb beider Tröge wird einfach und ganz gleichmässig. Da die Bewegung der Kette durch die Rolle zwangsläufig erfolgt, so ist es sogar möglich, im Bedürfnisfalle einen Trog abzuschalten von der Kette, dieses Ende der Kette leer laufen zu lassen und nur den einen Trog die Bahn auf und ab zu bewegen. Die Kraft der Antriebsmaschine müsste dann

entsprechend erhöht, oder diese selbst müsste durch Zusatzmaschinen vermehrt werden können. Die Bewegung der Tröge wird auf diese Weise im geringsten Masse durch das Getriebe beeinflusst und am wenigsten Erschütterungen ausgesetzt. Würde man sich die Tröge freifahrend denken und durch auf besonderen Wagen verlagerte elektrische Antriebswinden, also eine Art von Lokomotiven angetrieben, so würden, um nicht zu schwere Abmessungen in den Zahnstangen zu erhalten, deren Ausführung nahezu unmöglich ist, und um die Zahndrücke auf eine Reihe von Antriebrädern zu verteilen, mehrere solcher elektrischen Lokomotiven oder Getriebe zur Bewegung des Troges erforderlich sein, von denen wiederum jede einzelne mit mehreren Triebstöcken ausgerüstet werden müsste. Es ist nun leicht einzusehen, dass weder ein gleichmässiges Eingreifen der Triebstöcke in die Zahnstange stattfinden kann, noch dass ein ruhiger Gang und ruhiges Vorbewegen des Troges durch mehrere solcher elektrischen Lokomotiven möglich ist.

Die Grundlagen, welche also für die meisten der geeigneten Ebenen in kleinerem Masse bereits vorliegen, d. h. der Antrieb der Tröge von einer Centralwinde am Oberhaupt aus, muss demnach als die richtigere Lösung erscheinen gegenüber den neueren Vorschlägen des Antriebs des Troges über auf der Bahn verlagerte Zahnstangen. In der Zahnstange liegt auch insofern eine Gefahr, dass bei Bruch eines Zahnes, zumal wenn man horizontal liegende Zähne anwendet, das Stück des gebrochenen Zahnes sich in der Zahnstange festklemmen wird, der Triebstock auf diesen Zahn aufsteigt und ein Entgleisen der elektrischen Lokomotive herbeiführt. Die einfache Riggerbach'sche Zahnstange erscheint in diesem Falle insofern noch zweckmässiger, als sie durch horizontal liegende Stabverzahnung einen ausgebrochenen Zahn nach unten durchfallen lässt. Diese Art der Verzahnung ist aber bei den grossen in Frage kommenden Kräften nicht anwendbar. Es müssen, wenn man horizontal liegende Zähne verwenden will, schwere stahlgegossene Zahnstangen zur Anwendung kommen, deren Zähne auf dem Grunde mit einander verbunden sind, und deren Enden möglichst auch noch durch Flanken gestützt sind. Ganz unrichtig muss für eine derartige Verzahnung eine sogenannte Keilverzahnung erscheinen. Die richtigste Verzahnung, wenn überhaupt hier eine solche in Frage kommen soll, kann nur die Verzahnung mit vertikalen Zähnen sein, die auch ein Bewegen der Lokomotive und des Troges im vertikalen Sinne zulässt, und im Falle

von Zahnbrüchen weniger gefährlich wirkt, weil das ausgebrochene Stück des Zahnes frei abfallen kann. Eine derartige Verzahnung ist bekanntlich für die Pilatus-Bergbahn in Anwendung gekommen, wo sie sich auch in den grossen Steigungen bis zu  $48^\circ$  tadellos bewährt hat. Richtiger ist aber, wie schon bemerkt, die Verwendung von Verzahnungen und Fortbewegen über Zahnstangen zu vermeiden.

Figur 1 zeigt die Zahnstange in grösserem Massstabe und gibt auch die resultierende Kraft an, welche ein Aufsteigen des Zahnes auf die Stange bewirkt. Ebenso zeigt die Abbildung bei Einlagerung von abgesprengten Stücken zwischen den Zähnen die Gefahr des Aufsteigens und Entgleisens des ganzen Wagens.

In Figur 2 ist eine schematische Darstellung der Anordnung einer längs geneigten Ebene mit Gelenkkettenantrieb durch eine am Oberhaupt verlagerte Kehrrolle. Der Trog taucht im Unterwasser, um hier einen wechselnden Wasserspiegel ausgleichen zu können. Die Einstellung auf den wechselnden Wasserstand ist dadurch bewirkt, dass die freien Enden der Gelenkkette verstellbar eingerichtet sind, wodurch der Hub der Tröge einzeln justiert und verändert werden kann. Das Tauchen des Troges im Unterwasserspiegel hat noch den grossen Vorteil, dass das Anschliessen des Troges nur an einer Haltung stattfindet, also die Entfernung der beiden Tröge von einander weniger genau zu sein braucht.

Bezüglich der in das Wasser tauchenden Teile ist noch zu beachten, dass Hebewerke mit Gelenkstangenantrieb hierfür weniger empfindlich sind. Tatsächlich sind bei den vielen vorgenannten Ebenen, bei denen sämtlich die Tröge im Unterwasser tauchen, Schwierigkeiten in Bezug auf die Verlagerung der Räder in ihren Achsenlagern oder in Bezug auf die Zugorgane nicht eingetreten. Würde man einen freifahrenden Trog mit elektrischem Antrieb über Zahnstangen im Unterwasser tauchen lassen, so würde auch eine Verlagerung der Zahnstange unter Wasser erforderlich sein, die sich selbstverständlich vollständig der Kontrolle entzieht und zu noch viel grösseren Gefahren Anlass gibt, als wie die auf der freien sichtbaren Bahn verlagerte Zahnstange. Auch die Getriebe und die Treibstöcke, welche in die Zahnstangen eingreifen, würden unter Wasser kommen, und es würden komplizierte Wellenumführungen erforderlich sein, damit die Electromotore für die Treibräder genügend hoch über dem Wasserspiegel bleiben, wenn der Trog taucht. Es sind hierfür schwere Aufbauten über dem Troge

nötig. Diese Art Antrieb dürfte deshalb im Betriebe zu grossen Schwierigkeiten Anlass geben. Ein Ueberfahren des Scheitels, um auch am Oberhaupt den Trog tauchen zu lassen, erscheint unnötig, und es erfordert schwerfällige Einrichtungen, um die wagerechte Lage des Troges beim Ueberschreiten des Scheitels beizubehalten. Allerdings lassen sich solche Einrichtungen treffen, aber sie erschweren den Betrieb und sind sehr kostspielig.

Der Wechsel des Wasserspiegels am Oberhaupt hat auch weniger Bedeutung, und man hat beim Anfahren des Troges am Oberhaupt in der Regel nur mit geringen Unterschieden in den Wasserspiegeln zu rechnen, die leicht durch Nachfüllen oder Abflauen von Trogwasser beseitigt werden können. Die obere Kanalhaltung ist meist die künstlich angelegte, und in dieser wird der Wasserstand, wenn nicht auf künstlichem Wege, d.h. durch Pumpwerke, so doch durch besondere Zubringer geregelt. Anders verhält es sich bei der unteren Kanalstrecke. Hier schliesst das Hebewerk sehr oft an bestehende Flüsse an — diese Fälle sind sogar sehr häufig — oder an Kanalstrecken, die der Einwirkung von Flüssen unterliegen, und die je nach den vorliegenden Verhältnissen sehr verschiedene Wasserstände aufweisen können. Hier hat man beim Anfahren des Troges an die untere Kanalhaltung mit stark wechselnder Höhenlage des Troges zu rechnen. Eine Anpassung hieran ist aber mit einem auf geneigter Ebene gegen feste Haltungen fahrenden Trog nicht wohl möglich und daher muss das Tauchen des Troges am Unterhaupt als eine für ein Hebewerk unter vielen Umständen notwendige Bedingung angesehen werden.

Nachdem also für Höhenunterschiede von mehr als 25 Meter die längsgeneigte Ebene mit Gelenkkettenantrieb als das zweckmässige Hebewerk angesehen werden muss, würde noch ein Vergleich desselben mit einer Schleusentreppe nötig sein.

Zunächst aber sollen noch einige Bemerkungen über die vorerwähnten Fragen der Auflagerung des Troges, u. s. w., gemacht werden. Die einfachste und sicherste Auflagerung des Troges würde die auf einer Gleitebene sein, in der Weise, dass der Trog mittelst Bronze-Stempel auf einer eisernen Gleitbahn aufruhet, die Berührungsflächen selbstverständlich maschinmässig bearbeitet. Diese Auflagerung würde aber, selbst bei guter Schmierung, der Bewegung so grosse Reibungswiderstände entgegensetzen, dass an eine Verwendung dieser sichersten und einfachsten Auflagerung nicht zu denken ist. Als ein sehr geeignetes Mittel, die Vorteile dieser Auflagerung zu verwerten

und die Nachteile der grossen Reibungswiderstände zu vermeiden, ist die Auflagerung auf sogenannten hydraulischen Gleitschuhen, bei welchen die Berührung zwischen Auflagerfläche und Bahn durch hochgespanntes Wasser ersetzt wird, welches die Last des Troges aufnimmt, während nur ein schmaler Dichtungsring erforderlich ist, um das Wasser nach aussen abzuschliessen. Das Wasser und der schmale Dichtungsring setzen der Bewegung des Troges nur geringe Widerstände entgegen. Die Stützung des Troges ist dabei eine gleichmässige und sichere.

Dieser Flächenaullagerung gegenüber steht die Auflagerung in einem Punkte, wie sie bei den Eisenbahnfahrzeugen allgemein Verwendung gefunden hat und zwar vermittelt des auf einer Eisenbahn-Schiene verlagerten, bezw. laufenden etwas conischen Rades. Nächst der Flächenaullagerung muss diese Auflagerung als die beste anerkannt werden, denn die Auflagerung in einem Punkte ist immer möglich, und wenn mit einer Auflagerung nur im Punkte von vornherein gerechnet ist, so kann man keine Trugschlüsse machen. Es würde also der Trog mit einfachen Radsätzen ausgestattet werden, die über normale Eisenbahnschienen laufen. Der gewölbte Schienenkopf und der schräge Laufkranz des Rades sichern in jeder Lage der Achse eine richtige Berührung des Rades auf der Schiene. Es würde dann nur noch in Frage kommen, dass die Verlagerung der Radachsen unter dem Trog so eingerichtet ist, dass bei geringen Unebenheiten der Bahn und bei starrem Troge doch ein gleichmässiges Tragen aller Räder bewirkt wird. Dies zu erreichen dürfte schon durch die Verwendung von Schemelwagen mit doppelter Federung möglich sein, evtl. aber sicher erreichbar sein durch Zwischenschaltung hydraulischer Cylinder, welche einzeln durch ein eingeschaltetes Luftgefäss unter nahezu konstantem Druck gehalten werden, auch dann, wenn die Abstände zwischen dem Berührungspunkt des Rades mit der Schiene und dem festen Punkt am Troge sich ändern.

Eine dritte Auflagerungsart ist die in der Linie, und zwar ist sie die den vorliegenden Verhältnissen am wenigsten genügende. Die Auflagerung in der Linie entsteht durch Verwendung von Wälzungsrollen oder durch Verwendung von sogenannten Laufrollen. Diese Rollen laufen auf breiten ebenen Schienen und berühren dieselben in einer Linie. Es ist nun klar, dass bei hinter einander Schaltung von 50 oder 60 Rollen auf einer Schiene, wie sie beim Hebewerkstrog vorkommen, ein gleichmässiger Druck in jedem Punkte der Traglinien nicht stattfinden wird ;

vielmehr werden die Kanten der Laufbahn durch einseitigen Druck der Rollen stärker angegriffen, als die Mittelpartie, wodurch nach kurzem Gebrauch sich Laufbahn und Rollen entgegengesetzt wölben. Es ist auch nicht möglich, die an jedem Ende durch eine notwendig starke Feder unterstützte Achse gleichmässig tragend und parallel zur Laufbahn zu erhalten. Es wird also eine ungleiche Abnutzung der Oberfläche der Laufkränze, sowie der Laufbahn eintreten. Ein gleichmässiges Tragen aller Rollen kann nur durch eine Anordnung, wie bei den vorgenannten Eisenbahnwagenrädern, die ein Schiefstellen der Achse und eine grössere Vertikalbewegung unter gleichbleibendem Druck zulassen, erreicht werden.

Bei den ebenfalls die Auflagerung in der Linie bedingenden Wälzungsrollen kommt noch hinzu, dass nicht nur die fest verlagerte Rollbahn, sondern auch noch eine Gegenbahn am Trog selber in Frage kommt, die beide in genau paralleler Lage mit einander sein müssen, was unausführbar ist. Un gleiche Durchmesser in den Wälzungsrollen bringen andererseits nur einen Teil dieser Rollen zum Tragen und für diese eine unvorhergesehene übermässig starke Belastung, so dass Brüche dieser Wälzungsrollen oder der Bahn zu befürchten sind. Auch sonst hat die Anordnung der Wälzungsrollen sehr grosse Bedenken, so dass diese für Hebewerke kaum in Frage kommen dürften. Was die Bewegung des Troges selber anbelangt und das Verhalten des Wasserspiegels in demselben, so ist schon erwähnt, dass auch im längsfahrenden Trog durch Beachtung richtiger Verhältnisse für die Anfahr- und Abstellperiode ein schädlicher Wasserstau und schädliche Wasserbewegungen vermieden werden können. Von Vorteil hierfür ist möglichst geringe Trogeschwindigkeit, die zweckmässig nicht mehr als  $1/2$  Meter pro Sekunde betragen sollte. Die steilere Bahn lässt geringere Fahrgeschwindigkeit bei gleicher Gesamtfahrzeit zu. Das Hebewerk mit mechanischer Ausgleichung eignet sich für jede Neigung, während Hebewerke mit elektrisch freifahrenden Trögen oder elektrischer Ausgleichung nur mit sehr flacher Neigung durchführbar sind, da sonst die Betriebskräfte auf dem Troge viel zu gross werden.

Was nun den Vergleich zwischen Hebewerk und Schleusentreppe anbelangt, so hängt die Wahl allerdings von den vorliegenden Terrainverhältnissen ab. Es kann unter Umständen, wo sehr flache Geländeansteigungen vorhanden sind, und trotzdem eine grössere Höhe überwunden werden muss, vorteilhafter sein, Schleusentreppen anzuwenden, um grosse Bauten am

Oberhaupt oder grosse Einschnitte zu vermeiden. Wird zum Beispiel die Ueberwindung eines Gefälles von 36 Meter ins Auge gefasst, so würden für diesen Fall etwa 5 hinter einander liegende Schleusen erforderlich sein, die dann je mit 7,2 Meter Gefälle arbeiten. Will man eine Doppelschleusentreppe vermeiden, über welche also die Schiffe immer in gleicher Richtung über die eine Treppe befördert werden, so ist erforderlich, die Einzelschleusen so weit aus einander zu legen, dass die Schiffe einander kreuzen können und die Schifffahrt hindernde Wasserbewegungen auf den Zwischenhaltungen nicht entstehen. Dies würde bedingen, dass die Schleusen in Entfernungen von 3-4 km eingebaut würden, also die Ueberwindung der Höhe auf einer Länge von wenigstens 12 km erfolgen müsste. Liegen die Schleusen näher an einander, so sind die Wasserbewegungen in den Zwischenhaltungen sehr hinderlich, und es müssten in den Zwischenhaltungen schon besondere Anordnungen getroffen werden, um durch grössere Breite derselben die Wasserschwankungen beim Entleeren und Füllen der Schleuse auszugleichen. Immerhin werden hierdurch nicht unerhebliche Kosten entstehen.

Ein zweiter Punkt, der beachtet werden muss, ist der Wasserverbrauch der Schleuse, und es muss richtig erscheinen, dieses für die Schleuse zur Aufwendung kommende Wasser im Vergleich mit den Schiffshebewerken auf den zum Fördern dieses Wassers erforderlichen Kraftaufwand zu prüfen. Denn selbst, wenn natürliche Zuflüsse für dieses Schleusenwasser verwendet werden können, sind Kosten für Staubecken für die Zubringer und für die Entziehung der sonstigen Nutzniessung des Wassers in Rechnung zu stellen, die nahezu auf dieselben Werte kommen werden, wie bei dem durch Pumpen gehobenen Wasser. Dann ist zu beachten, dass bei den in grösseren Abständen liegenden Einzelschleusen der Schleusentreppe immer besondere Mannschaften zur Bedienung jeder Schleuse vorhanden sein müssen. Denn um die Schleusentreppe auf ihre Leistungsfähigkeit voll auszunutzen, müssen sich auf allen Treppen gleichzeitig Schiffe befinden, und das Schleusen über alle Einzelschleusen der Treppe muss möglichst gleichmässig vorgenommen werden.

Für einen Vergleich der Anlagewerte und der Betriebskosten von Hebewerken und Schleusentreppen mögen folgende Annahmen gelten. Der Höhenunterschied der Haltungen sei 36 m. Es sollen Schiffe von mindestens 600 Tonnen Tragfähigkeit bei ca. 68 m Länge und ca. 8,2 m Breite und bis zu 2 m Tiefgang

befördert werden, wobei mit einer Wassertiefe von  $2 \frac{1}{2}$  m im Trog bzw. über Schleusenschwelle gerechnet werden soll. Die Schiffe sollen einander in nicht grösseren Abständen wie je 48 Minuten Zwischenzeit folgen und zwar in jeder der beiden Fahrrichtungen über den Kanal.

Die Anlagekosten eines Hebewerkes für die vorliegenden Verhältnisse mit doppelfähriger Bahn und 2 Trögen, die mit einander durch mechanische Ausgleichung verbunden sind, betragen insgesamt  $3 \frac{1}{2}$  Millionen Mark.

Eine Schleusentreppe erhält für vorstehende Verhältnisse 5 Einzelschleusen, jede von 7,2 m Gefälle. Jede Schleuse kostet einschliesslich der Sparbecken, und dem Pumpwerk mit 3 000 cbm stündlicher Leistung für das Schleusenwasser insgesamt Mark : 700.000, für die Schleuse und Mark : 120.000, für jede Pumpenanlage, zusammen also Mark : 820.000. Die 5 Schleusen der Treppe kosten mithin insgesamt Mark : 3.500.000, ohne und Mark : 4.100.000, mit Pumpwerken. Dazu kommen noch die Mehrkosten durch Erweiterung und bessere Befestigung der Kanalstrecken zwischen den einzelnen Schleusen.

Die Schleusentreppen stellen sich also selbst ohne Pumpwerk eher teurer, als das Hebewerk. Aber ein wesentlicher Unterschied zwischen den Anlagekosten besteht nur, wenn die Pumpwerke, für die Schleusentreppe mit veranschlagt werden.

Erheblich teurer, und zwar auf etwa  $4 \frac{1}{2}$  Millionen Mark, stellt sich ein gleich grosses Hebewerk mit freifahrenden Trögen und elektrischer Ausgleichung, da hier die umfangreichen elektrischen Anlagen und die schweren Getriebe erhebliche Kosten verursachen.

Die Betriebskraft für die Schleuse selber ist sehr gering, und dürften als durchschnittliche Dauerleistung für jede Schleuse 4-5 PS ausreichend sein. Dagegen erfordert das Pumpwerk an jeder Schleuse für das Füllwasser erheblich grössere Kräfte, und zwar bei der angenommenen Leistung von 3.000 cbm pro Stunde 120 indizierte PS Dampfarbeit. Es würden also an reiner Betriebskraft für die 5 Schleusen der Treppe nur 20-25 Psi erforderlich sein, während die Pumpwerke insgesamt 600 indizierte PS gebrauchen.

Dem gegenüber ist der Kraftbedarf der geneigten Ebene mit mechanischer Ausgleichung und einer Fahrgeschwindigkeit des Troges von 0,5 m rund 250 Psi Dampfarbeit durchschnittliche Dauerleistung, während das Hebewerk mit elektrischer Ausgleichung eine durchschnittliche Dauerleistung von 1.000 Psi Dampfarbeit erfordert.

Um einen Vergleich der Betriebskosten zu erhalten, soll angenommen werden, dass die Kosten für die PSi Mark : 0,02 pro Stunde betragen. Dabei ist für die PSi einschliesslich aller Nebenverluste 1 kg Kohle pro Stunde gerechnet, und sind die Löhne der Bedienungsmannschaften, des Oeles, des Putzmaterials, u. s. w., einschliesslich der nötigen Ersatzstücke der Centrale eingerechnet. Die Schleusentreppe würde mithin bei einem Gesamtkraftbedarf von 25 PS für die Bedienung der Tore, Spills und Schieber  $(25 \times 0,02) = 0,50$  Mark pro Stunde kosten, während für das Pumpwerk noch ein Betrag von  $(600 \times 0,02) = \text{Mark} : 12$ , pro Stunde hinzukommt. Das Hebewerk mit mechanischer Ausgleichung würde  $(250 \times 0,02) = \text{Mark} : 5$ , — pro Stunde Betriebskosten erfordern. Das Hebewerk mit elektrischer Ausgleichung gebraucht dagegen  $(1.000 \times 0,02) = \text{Mark} : 20$ , pro Stunde. Hierzu kommen noch die Mannschaften, welche die Einrichtungen selber erfordern. Für die Schleusentreppe mit 5 Schleusen müssen pro Schleuse je 2 Mann gerechnet werden, im ganzen also 10 Mann. Dazu kommt aber, dass, wie vor erwähnt, alle Schleusen der Treppe gleichzeitig mit Schiffen besetzt sind, damit die Beförderung über dieselbe auf gleiche Leistung gebracht wird, wie die des Hebewerkes. Es würden also auf der Strecke, die für die Ueberwindung der Höhe in Betracht kommt, 5 Schiffe zu Tal und 5 Schiffe zu Berg fahren, im ganzen also 10 Schiffe auf der Treppe festgelegt sein, während beim mechanischen Hebewerk nur je 2 Schiffe, zusammen also 4, an den Haltungen wechseln. Dazu kommen allerdings noch, da bei den Schleusen eine grössere Kanalstrecke in Betracht kommt, 3 bis 4 Schiffe auf die in Frage stehende Kanalstrecke. Immerhin erfordert die Schleusentreppe im für sie allergünstigsten Falle 3 Schiffe genau  $3 \frac{1}{2}$  mehr, als das Hebewerk. Da jedes Schiff mit etwa 2 Mann Besatzung gerechnet werden muss, so müssen gegenüber dem Hebewerke wenigstens immer 7 Leute mehr auf der Schleusentreppe im Schiffahrsdienste nutzlos vorhanden sein, es sollen jedoch nur 5 Mann gerechnet werden. Die Löhne der Mannschaften sollen im Durchschnitt mit Mark : 0,42 angenommen werden, ein Lohn, der vielleicht etwas hoch ist, der aber unter Anrechnung der Aufsicht und sonstigen Verpflichtungen in Bezug auf Wohlfahrtseinrichtungen, u. s. w., angemessen erscheint. Die 10 Leute, welche für den reinen Schleusenbetrieb dienen, würden also Mark : 4,20 pro Stunde Kosten verursachen, während der Mehrbedarf an 5 Schiffsleuten  $(5 \times 0,42) = \text{Mark} : 2,10$  kostet, insgesamt also Mark : 6,30.

Die Betriebskosten für die Schleusentreppe würden mithin pro Stunde betragen :

für Kohlen und Bedienung der Centrale . . .	Mark :	0,50
» Mannschaften auf der Schleusentreppe . . . . .		6,30
» Schmiermaterial, u. s. w., für das Gangwerk an der Schleuse . . . . .		0,06
		<hr/>
	zusammen :	6,86
Dazu für das Pumpwerk . . . . .		12,00
		<hr/>
	zusammen also Mark :	18,86

Das mechanische Hebewerk erfordert an jeder Haltung 1 Mann und auf jedem Troge 1 Mann, also  
 $(4 \times 0,42) = . . . . .$  Mark : 1,68  
 Dazu für Schiermaterial . . . . . 0,32  
 Ferner die oben berechneten Kosten für Kohlen, u.s.w. 5,00

---

zusammen Mark : 7,00

stündliche Unkosten.

Das elektrische Hebewerk braucht an Mannschaften an jeder Haltung 1 Mann und durch die grössere elektrische Anlage auf den Trögen je 2 Mann, zusammen also 6 Mann,  
 $(6 \times 0,42) = . . . . .$  Mark : 2,52

Dazu an Oel und Schmiermateriel auf der Ebene für  
 die Tröge, u. s. w. . . . . 0,48  
 Ferner die oben ermittelten Kosten für Kohlen, u. s. w. 20,00

---

zusammen Mark : 23,00

Betriebskosten pro Stunde.

Man ersieht aus vorstehender Berechnung, dass das mechanische Hebewerk sich im Betriebe weitaus billiger stellt, als die Schleusentreppe, und dass diese wiederum wesentlich billiger arbeitet, als das elektrische Hebewerk, welches für einen ökonomischen Betrieb ganz ungeeignet erscheinen muss. Würde man beim Vergleich der Schleusentreppe mit dem Hebewerke das Pumpwerk auslassen, so würden die Betriebskosten fast gleich sein. Wird aber das Pumpwerk mit berücksichtigt, so ergibt sich pro Stunde ein Betriebsgewinn von  $(18,86 - 7,00) =$  Mark : 11,86. Bei Tag- und Nachtbetrieb und 250 Betriebstagen, das sind 6.000 Betriebsstunden pro Jahr, würde mithin der

jährliche Gewinn Mark : 71.160, betragen, ein Wert, der mit dem fünfundzwanzigfachen Betrage kapitalisiert, einen Betrag von rund 1,8 Millionen Mark ausmacht.

Dem elektrischen Hebewerke gegenüber stellt sich sogar ein noch grösserer Betriebsgewinn heraus, nämlich  $(23,00 - 7,00) =$  Mark : 16, — pro Stunde, bezw. Mark : 96.000, — pro Jahr, oder 2,4 Millionen Mark Kapitalgewinn.

Dagegen ist die Schleusentreppe, wie schon gesagt, selbst wenn die sämtlichen Nebenunkosten, wie die Kosten für das Pumpwerk und die unnötig festgelegten Mannschaften der Schiffe auf der Schleusentreppe in Rechnung gestellt werden, immer noch weit im Vorteil gegenüber dem elektrischen Hebewerke.

Es möge noch bemerkt werden, dass die vorstehende Berechnung der Betriebskosten nur diejenigen Werte berücksichtigt, welche für einen Vergleich in Betracht kommen. Die Aufsicht der ganzen Anlage dürfte bei allen ziemlich die gleiche sein. Die Amortisationswerte ergeben sich aus dem Verhältnisse der Anlagekosten, wobei die Amortisationen für das mechanische Hebewerk und die Schleusentreppe auf ziemlich gleicher Höhe stehen, während das elektrische Hebewerk wohl einer etwas höheren Amortisationsquote bedarf. Es muss daher die vorstehende Berechnungsweise für eine vergleichende als die zweckmässigste erscheinen, weil sie nicht Werte heranzieht, die für den Vergleich wenigstens nicht berücksichtigt zu werden brauchen. Auch dass die Betriebskraft pro PS Dampfarbeit berechnet ist, erscheint am zweckmässigsten, weil als Vergleichswert für alle Fälle gleiche Bedingungen angenommen sind, und Alles auf die Einheit bezogen ist.

In der nachstehenden Tabelle möge eine Uebersicht von der Bewertung der einzelnen Systeme gegeben werden.

Für die Schleuse wird sehr oft das für die Speisung derselben erforderliche Wasser, wie schon erwähnt, nicht berücksichtigt. Dass dies bei dem Vergleiche mit dem Schiffshebewerke nicht richtig sein kann, geht schon daraus hervor, dass, wenn dieses Wasser wirklich kostenlos vorhanden ist, es ja auch als Betriebskraft für das Hebewerk dienen kann. Beispielsweise würden die für die vorerwähnte Schleusentreppe erforderlichen 3.000 cbm Wasser pro Stunde mit 36 Meter Gefälle eine Kraft von  $\frac{3000 \times 1000 \times 36}{60 \times 60 \times 75} =$  rund 400 PSi sein.

Wie man sieht, ist diese Kraft für den Betrieb des mechanischen Hebewerkes vollständig ausreichend, da dieses nur 250 PSi

	SCHLEUSENTREPPE, 5 SCHLEUSEN A 7,2 M HÖHE		MECHANISCHES	ELEKTRISCHES
			HEBEWERK 36 M	HEBEWERK 36 M
	Schleusen	Pumpwerke		
Anlagekosten in Mark (1) . . .	3.500.000,00	600.000,00	3.500.000,00	4.500.000,00
Indizierte Arbeitsleistung der Centrale als mittlere dauernde Aufwendung berechnet in PSi.	25,00	600,00	250,00	1.000,00
Betriebskosten in der Centrale, d. h. Brennmaterial, Löhne und Schmiermaterial pro Stunde in Mark . . . . .	0,50	12,00	5,00	20,00
Betriebskosten (2) der sonstigen Anlagen und Erfordernisse, d. h. Löhne der Bedienungsmannschaften und Schmiermaterialien pro Stunde . . . . .	6,36		2,00	3,00
Betriebskosten (2) insgesamt pro Stunde . . . . .		18,86	7,00	23,00
Betriebskosten pro Jahr von 6.000 Betriebsstunden . . . . .	113.160,00		42.000,00	138.000,00
Kapitalisierte Betriebskosten 25 facher Wert der Jahreskosten . . . . .	2.829.000,00		1.050.000,00	3.450.000,00
Summe der Anlage und der kapitalisierten Betriebskosten	6.929.000,00		4.550.000,00	7.950.000,00
Minderwert der betr. Anlage gegenüber dem mechanischen Hebewerk . . . . .	2.379.000,00			3.400.000,00

braucht. Wenn also die Betriebskraft, d. h. das Schleusenwasser für die Schleuse kostenlos vorhanden ist, so ist sie es auch für das Hebewerk in genügendem Masse. Es müssen daher, wenn der Kraftbedarf für das Hebewerk zur Berechnung gelangt, auch die Betriebskosten für die Pumpwerke der Schleusentreppe in Rechnung gestellt werden. Ausserdem wird, wie schon gesagt, in den allerwenigsten Fällen das Wasser kostenlos zur Verfügung stehen, sondern es muss durch besondere Zubringer, Korrekturen von Flüssen, Sperranlagen, u. s. w., erst geschaffen werden.

(1) Günstige Bodenverhältnisse vorausgesetzt.

(2) Ohne Erhaltungskosten und Beaufsichtigung.

Es dürfte noch erforderlich sein, einige Bemerkungen über den Aufenthalt der Schiffe, bzw. über die Zahl der Schiffe, welche zum Vollbetriebe einer Schleusentreppe und eines Hebewerkes erforderlich sind, zu machen. Es ist angenommen, dass in 48 Minuten 1 Schiff zu Tal und 1 Schiff zu Berg geschleust werden kann, sowohl auf der einzelnen Schleuse, als auch auf dem Hebewerke. Es würde das für den Verkehr der einzelnen Schiffe durch die Schleuse 24 Minuten Schleusungszeit bedingen, eine Zeitdauer, die für die Schleuse von 7,2 m Gefälle einschliesslich dem Wechsel der Schiffe an den Haltungen und dem Füllen oder Entleeren der Schleuse als richtig angenommen werden darf. Es ist nun für die Entfernung der Schleusen von einander auf der Treppe das günstigste Mass, wenn die Zeitdauer von 24 Minuten, welche für das einzelne Schiff erforderlich ist, mit der Bewegungsdauer des Schiffes von einer Schleuse zur anderen, also über die Zwischenstrecke zwischen den einzelnen Schleusen, übereinstimmt. Wenn die Geschwindigkeit der Schiffe mit 5 km in der Stunde angenommen wird, so würde das Schiff in 24 Minuten 2 km zurücklegen. Die günstigste Entfernung der Schleusen auf den einzelnen Treppenstufen würde also in diesem Falle 2 km sein, da alsdann wenigstens der geringste Bedarf an Schiffen vorliegt.

Diese Verhältnisse sind den vorstehenden Rechnungen zu Grunde gelegt, also die günstigsten Annahmen für die Schleusentreppe gemacht.

Die beigegefügte Skizzen Figur 3 und 4 geben nun ein Bild über die Bewegung der Schiffe, sowohl über die Schleusentreppe, wie über das Hebewerk. Hierbei ist, da die ganze Schleusentreppe bei 5 Abstufungen 8 km beträgt und die Entfernung des nächsten Schiffes noch 2 km von der Haltung ist, ehe die Schiffe in richtiger Reihenfolge, d. h. in Abständen von  $\frac{5}{60} \times 48 = 4$  km, die Kanalfahrt wieder aufgenommen haben, eine Strecke von 10 km in Rechnung zu stellen für die Schleusentreppe und für das Hebewerk. Auf dieser Strecke befinden sich auf der Schleusentreppe, wie aus der Figur ersichtlich ist, 10 Schiffe, während auf dem Hebewerk und Kanal bis zu 9 km Länge nur 6 Schiffe erforderlich sind, bzw. genau 6 1/2 Schiffe unter Heranziehung der Fahrlänge des letzten Schiffes bis zu der vollen Länge von 10 km so dass für das Hebewerk 3 1/2 Schiffe weniger erforderlich sind, als für die Schleusentreppe, wie dies vorher den Rechnungen zu Grunde gelegt ist. Der Schiffspark und die Mannschaften auf den Schiffen müssen,

damit die Schleusentreppe vollwertig wird, um diese Zahl vergrössert werden, und sind diese Grössen, bezw. die Kosten, welche sie verursachen, einer Vergleichsrechnung einzubeziehen.

Es würde nun aber, wie früher ausgeführt ist, die Länge der Haltung von 2 km zwischen den einzelnen Schleusen mit Rücksicht auf das austretende Schleusenwasser zu gering sein, wenn nicht bedeutende Erweiterungen dieser Strecke vorgenommen sind, um zu grosse Stromgeschwindigkeit und eine Stauwelle zu verhindern. Würde daher die Strecke länger wie 2 km sein, und wie sich aus Versuchen ergeben hat, zweckmässig mit 4 km Länge angenommen werden, so würde in jeder Haltung zwischen zwei Schleusen noch je 1 Schiff erforderlich sein, um den Vollbetrieb aufrecht erhalten zu können, und die Schiffe müssten dann immer entsprechende Zeit an den Schleusenhaltungen warten. Selbstverständlich würden hierdurch die Betriebskosten wiederum erheblich vermehrt, so dass also auch die vorstehenden Ausführungen zeigen, dass trotz des schon ungünstigen Resultates der Schleusentreppe gegenüber dem mechanischen Hebewerk, die Annahmen, welche der Berechnung zu Grunde gelegt sind, für die Schleusentreppe die möglichst günstigsten sind.

Aus den vorstehenden Ausführungen ergibt sich demgemäss, dass das beste System zum Ausgleich der grossen Höhenunterschiede der Kanalhaltungen das Hebewerk mit mechanischer Ausgleichung der todten Eigenwichte ist.

B. GERDAU.

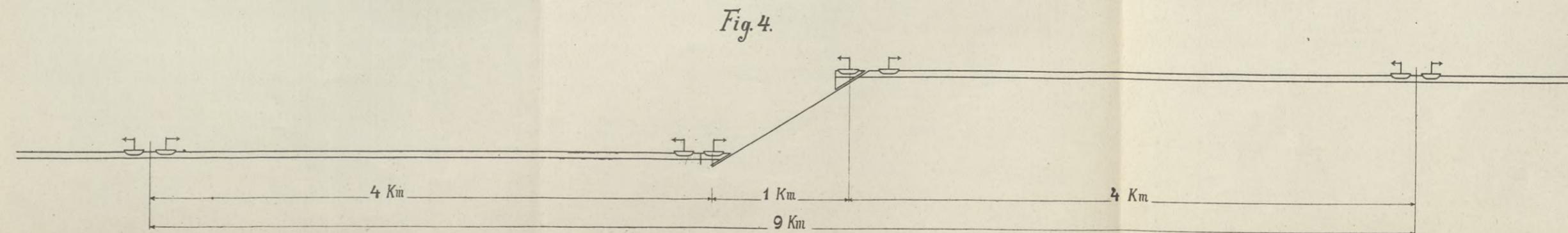
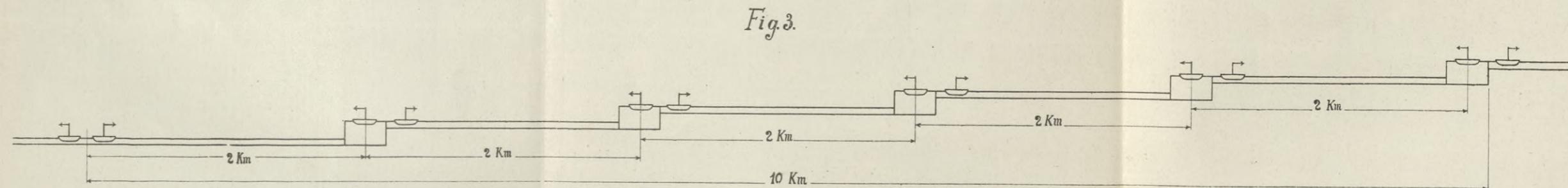
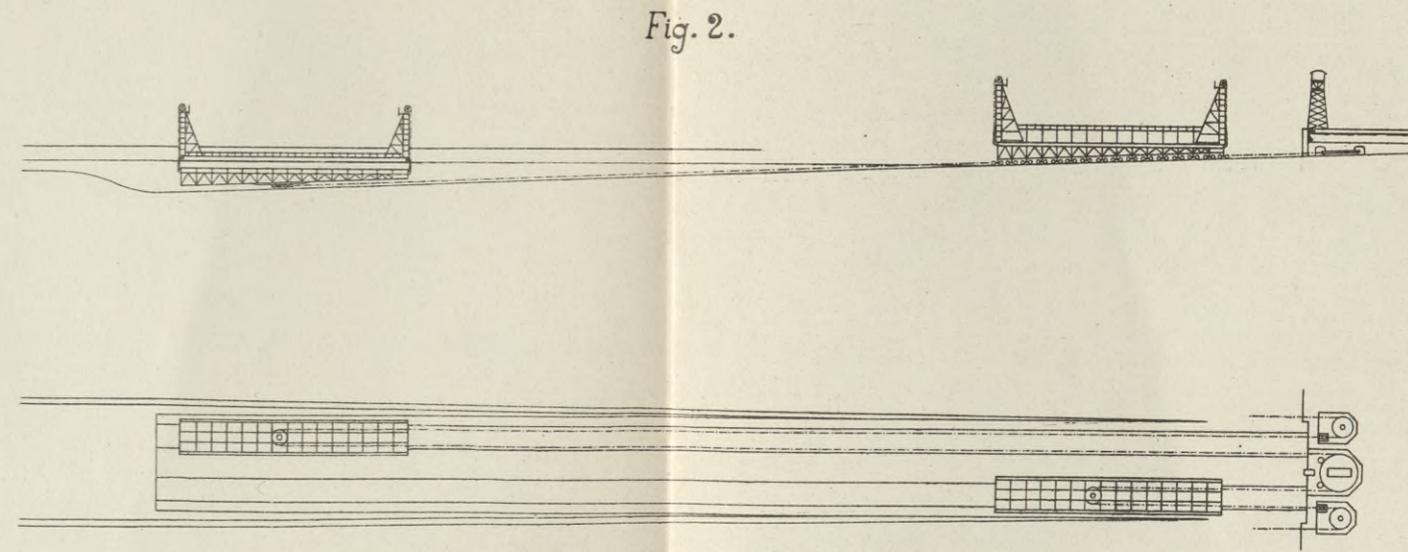
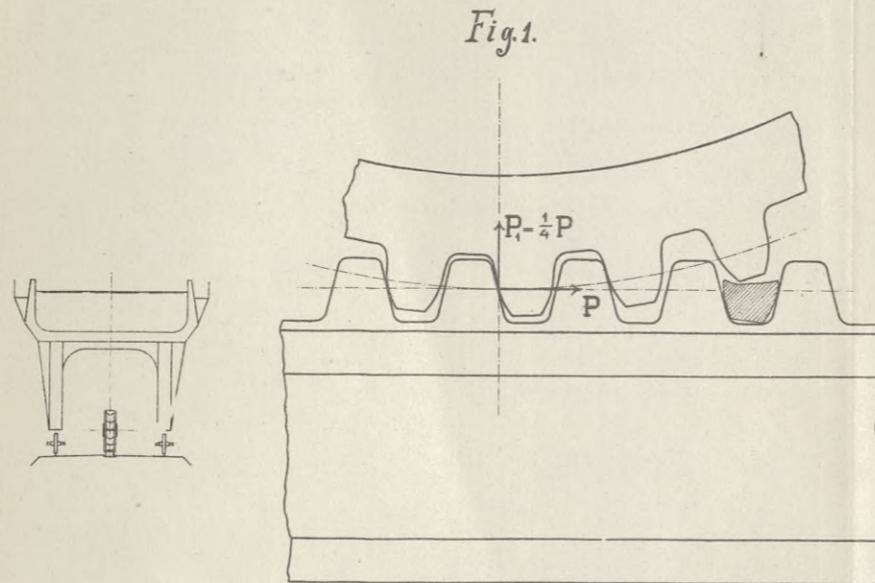
---

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND  
 DER  
 SCHIFFFAHRTS-CONGRESSE

X. CONGRESS - MAILAND - 1903

I. Abteilung : Binnenschifffahrt  
 3. Frage

BERICHT  
 VON  
 B. GERDAU



S. 61

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY

1911

REPORT  
S. 61







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-349884

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299437