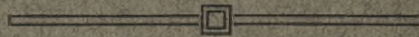


• Die Wirtschaftlichkeit •
von Schiffshebewerken.



Von der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin zur
Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs genehmigte

• Dissertation •

Vorgelegt von

Hermann Bertschinger.

Referent: Geh. Reg.-Rat Professor Dr. A. Riedler.

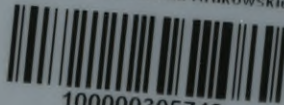
Korreferent: Professor de Thierry.

Berlin 1908.

x
2459

III 526

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305748

Die Wirtschaftlichkeit von Schiffshebewerken.

Von Dr. Hermann Bertschinger, Ingenieur in Berlin, am
1. März 1908 in der Fakultät für Maschinenbau eingereicht

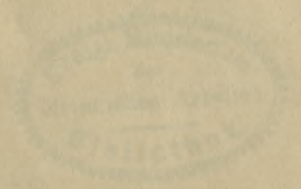
Dissertation

zur Erlangung des
Doktorgrades

von Hermann Bertschinger

Präsident: Herr Prof. Dr. Hermann Borchers
Präsident: Herr Prof. Dr. Hermann Borchers

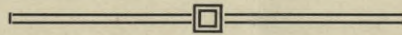
H. Bertschinger



Berlin 1908.

X
2459

• Die Wirtschaftlichkeit • von Schiffshebewerken.



Von der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin zur
Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs genehmigte

• **Dissertation** •

Vorgelegt von

Hermann Bertschinger.

Referent: Geh. Reg.-Rat Professor Dr. A. Riedler.

Korreferent: Professor de Thierry.

F. Nr. 27829



Berlin 1908.

X
2459

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

III 33105

Akc. Nr. 2182 49

Einleitung.

Die Anwendungsgrenze der Binnenschifffahrt liegt nicht fest. Ihre Bestimmung ist u. a. abhängig von der Beantwortung folgender Fragen:

Sind die Frachtkosten geringer als bei andern Verkehrsarten?

Wie wird das Anlagekapital am besten ausgenutzt, und wie werden die Frachtkosten am geringsten, unter Berücksichtigung der Abmessungen der Kanäle, Schiffe, Geschwindigkeiten, Fördermengen?

Ist in dem betreffenden Lande das Wasser verfügbar, welches zur Schifffahrt notwendig ist?

Welche Bedeutung hat die Einrichtung gemischter Transporte?

schleusen mit Sparbeckenanlagen bis zu einer Hubhöhe von 9,0 m;

2) Schachtschleuse bis zu einer Hubhöhe von 40,0 m, für größere Hubhöhen zu Treppen vereinigt;

3) Aufzug mit Schwimmern bis zu einer Hubhöhe von 30,0 m, für größere Hubhöhen wie bei 2);

4) Aufzug mit Kolben bis zu einer Hubhöhe von 30,0 m, für größere Hubhöhen wie bei 2);

5) quergeneigte Trogbahn;

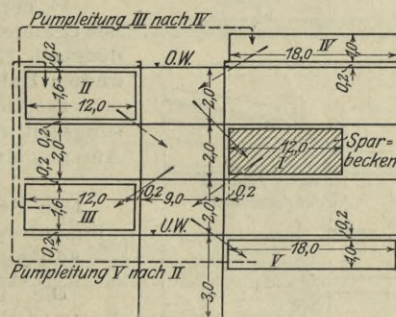
6) längsgeneigte Trogbahn;

7) Schiffseisenbahn.

Die benutzten Quellen gestatteten keinen unmittelbaren Gebrauch. Unter Verwendung der Einzelheiten sind die zugrunde gelegten Entwürfe auf gleiche Verhältnisse umgear-

Fig. 1.

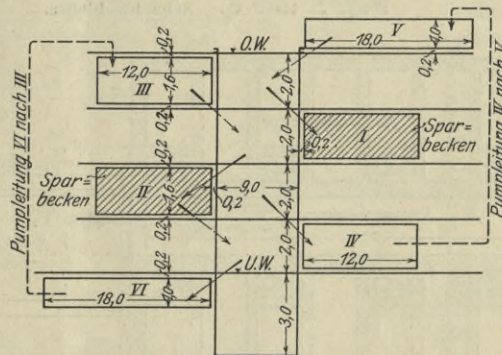
Schleuse mit einem Sparbecken.



Hubhöhe $x \equiv 5 \text{ m}$ } gez. für $x = 6 \text{ m}$
 $\gg x \equiv 6 \gg$

Fig. 2.

Schleuse mit zwei Sparbecken.



Hubhöhe $x \equiv 6 \text{ m}$ } gez. für $x = 8 \text{ m}$
 $\gg x \equiv 9 \gg$

Welches Zugmittel ist das vorteilhafteste?

Welchen Einfluß hat schwieriges Gelände: Hügelland und Gebirge, auf die Verzinsung des Anlagekapitals und die Frachtkosten, und wo liegt in dieser Beziehung die wirtschaftliche Grenze der Binnenschifffahrt?

Welches Mittel ist das beste zur Ueberwindung großer Gefälle?

Welches Mittel bietet größte Betriebsicherheit und Wirtschaftlichkeit?

Von diesen Fragen ist die letzte hier in bezug auf Wirtschaftlichkeit beantwortet.

Es sind dabei diejenigen Mittel zur Ueberwindung großer Gefälle herangezogen, die als die modernsten gelten, von denen aber im Streite der Meinungen auf Schifffahrtskongressen, bei Preisgerichten und in der Literatur keines allseitig bevorzugt oder verworfen ist:

1) Schleusentreppe, bestehend aus einfachen Kammer-

beitet worden (vergl. Abschnitt I). Zum Zwecke des Vergleiches war dies um so notwendiger, als die Kosten für den Betrieb gegenüber Verzinsung und Tilgung der Anlagekosten klein sind. In den bis jetzt erschienenen, die Schiffshebewerke behandelnden Schriften ist diese Arbeit übergangen worden. Die daraus entstandenen Fehler und Trugschlüsse drücken den Wert der Ergebnisse sehr herunter.

I) Beschreibung und Darstellung der in Vergleich gestellten Schiffshebewerke.

Abmessungen.

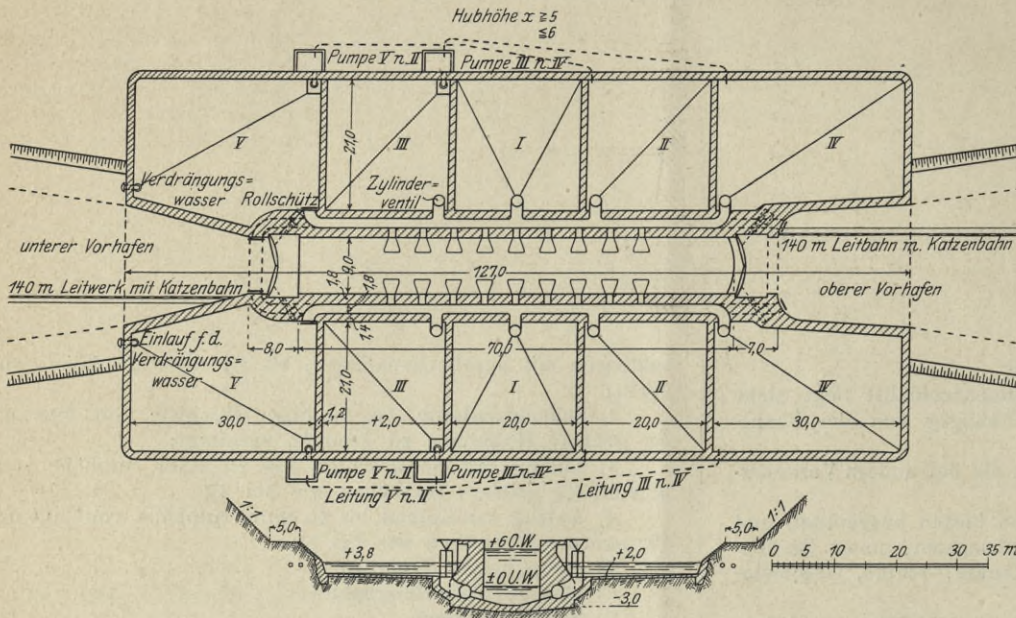
1) Schiff.

Eigengewicht	130 t
Tragfähigkeit	600 »
Rückfracht	120 »
durchschnittlich	360 »

größte Länge von Vorderkante Vorderstegen bis Hinterkante Schutzhölzer am Heck	67,0 m
größte Breite über den Schutzhölzern	8,2 »
Eintauchquerschnitt	15,0 qm
Höhe von Unterkante Boden bis zum Schandeck	2,40 m
Tiefgang bei voller Ladung	1,80 »

3) Schleusenammern, Tröge.		
Nutzlänge	70,0 m	
innere Breite	9,0 »	
Wassertiefe { Schleusen {	über dem Unterdrempel	3,0 »
	» » Oberdrempel	4,5 »
Tröge	2,5 »	

Fig. 3 und 4. Kammerschleuse.



2) Kanal.

Wassertiefe	2,50 m
Breite der Sohle	18,00 »
Breite des Wasserspiegels	30,00 »
zulässige Geschwindigkeit	1,1 m/sk = 4 km/st

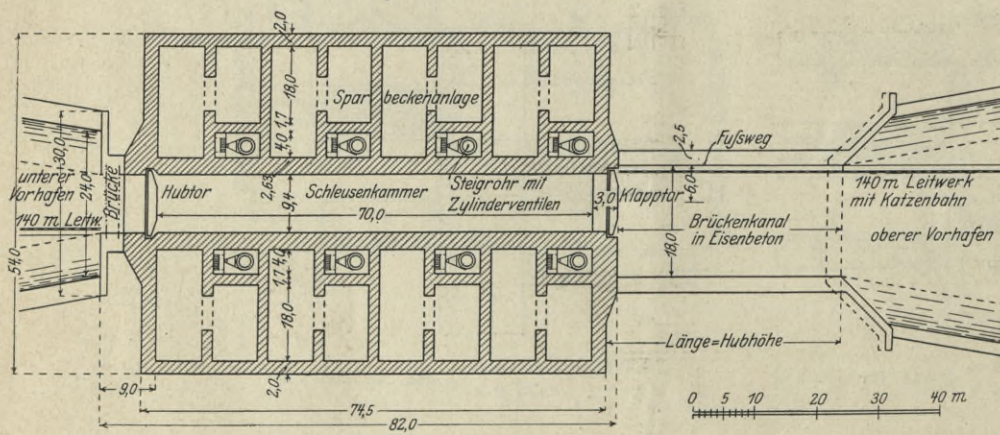
werden sie nicht.

Alle Bewegungsvorrichtungen haben elektrischen Antrieb. Wasser wird nicht verbraucht. Das Schleusungs-, Spalt- und Verdrängungswasser wird während der Schleusungsdauer zurückgepumpt.

Die Schleusen und Hebewerke sind einfährig, mit Ausnahme des Aufzuges mit Kolben, dessen Prinzip die Doppelfähigkeit bedingt. Zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit ist die Anlage zweier einfähriger Hebewerke vorteilhafter als ein Doppelhebewerk. Dadurch ist die wichtige Unabhängigkeit gesichert. Die Möglichkeit, frei gewordene Energie elektrisch aufzuspeichern, spricht ebenfalls für die Einfährigkeit.

Das Verholen der Schiffe beansprucht den größten Teil der Schleusungszeit. Um diese Zeit zu verkürzen, sind Laufkatzen, die auf Leitwerken laufen, vorgesehen. Das ausfahrende Schiff fährt über eine 140 m lange Strecke rechts neben das zur Einfahrt bereit stehende. Nachdem das Schlepptau übertragen worden ist, kann die Einfahrt längs dem Leitwerk beginnen. Die Laufkatzen haben Fernsteuerung; seitlich verholt

Fig. 5 und 6. Schachtschleuse.



Diese Anordnung hat folgende Vorteile:

- 1) Vermeidung von Wasserbewegungen in den Haltungen, demnach Ermöglichung beliebiger kurzer Haltungen;
- 2) Abkürzung der Schleusungszeit wegen Vermeidung der Ausspielung.

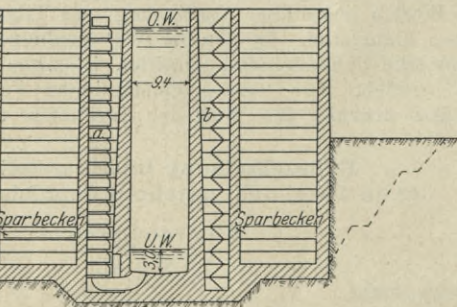
Die Schleusentreppe, bestehend aus Kammer-schleusen, Fig. 1 bis 4.

Die geeignetste Art von Kammerschleusen für Hintereinanderreihung ist die von Prümann vorgeschlagene Anordnung¹⁾. Das Wesen dieser Sparschleuse²⁾ ist in Fig. 1 und 2 klargelegt.

Die Anzahl der Sparbecken ist durch ihre Füllungshöhe bestimmt, die mit Rücksicht auf Zeit und Anlagekosten vorteilhaft größer als 1,5 m ist.

Die Schleuse Fig. 1 hat ein Sparbecken (I). Die Seitenbecken haben nur den Zweck, die Füllung der Kammer zu beschleunigen und Wasserschwankungen in den Haltungen zu verhindern. Die Kammer wird durch die nacheinander erfolgende Entleerung von I, II, IV gefüllt und durch die nacheinander erfolgende Füllung von I, III, V entleert. II erhält das Wasser durch Pumpen aus V, ebenso IV aus III.

Kreuzt ein beladenes Schiff an der Schleuse ein unbeladenes, so wird eine Wassermenge nach dem Unterwasser geschafft, die in cbm gleich ist der Tonnenzahl des Mehr-



a Steigrohr mit Zylinderventilen
b Steigrohrschacht

¹⁾ Zentralbl. d. Bauv. 1906 S. 150.

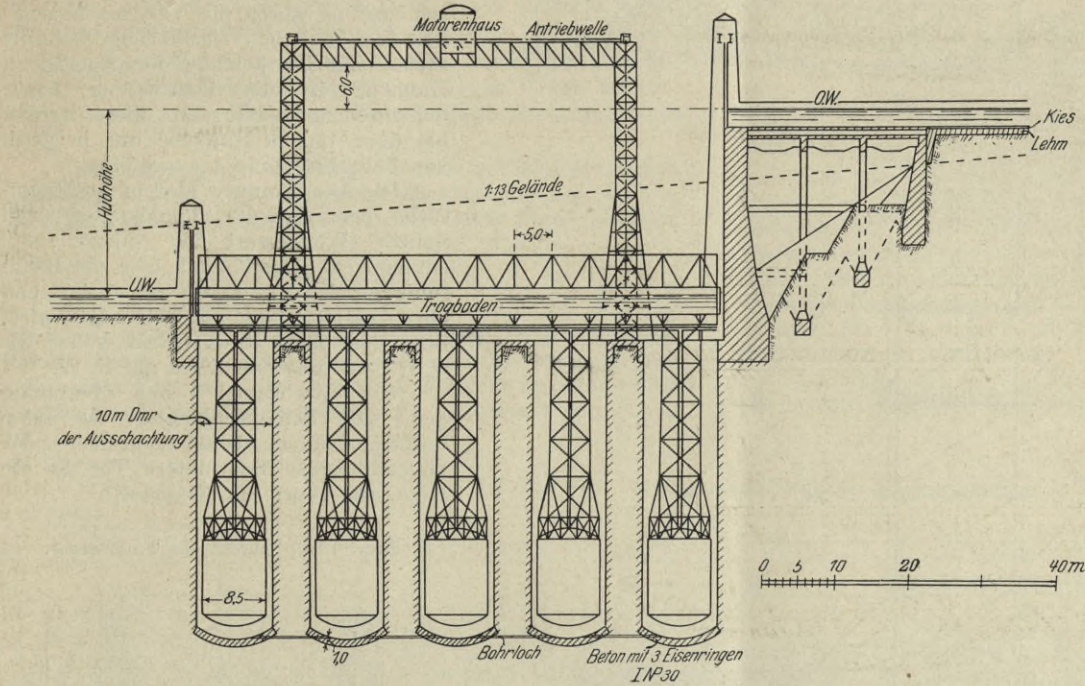
²⁾ s. a. Z. 1896 S. 58; 1898 S. 1248.

gewichtetes. Dieses Verdrängungswasser (im Mittel 200 cbm) wird vom Unterwasser durch ein verschließbares Rohr nach V geleitet und von dort mit dem Schleusungswasser nach oben gepumpt.

Als Abschlüsse der Zu- und Ableitungen dienen Zylinderventile.

Die Schleuse Fig. 2 hat zwei Sparbecken I und II. Im übrigen ist sie ähnlich der oben beschriebenen eingerichtet. Die Einzelheiten sind größtenteils denen der Schleuse bei Münster¹⁾ nachgebildet.

Fig. 7 und 8. Aufzug mit Schwimmern.



Die Zwischenhaltung innerhalb der Schleusentreppe wird am vorteilhaftesten so lang gemacht, daß sie von einem Schiff in der Zeit einer Doppelschleuse durchfahren werden kann.

Die Länge der Haltungs-einheit ist gleich Doppelschleusungszeit in sk mal 1,1 m/sk.

Danach wird sie im Mittel 2000 m lang sein. Ist sie (aus Geländerrücksichten) kürzer, so muß das Schiff vor jeder Einzelschleuse warten, und zwar um

$$\frac{\text{Doppelschleusungszeit in sk}}{\text{Länge der Haltung}} \cdot 1,1 \text{ m/sk}$$

Große Wasserbecken vor und hinter jeder Schleuse dämpfen die Beunruhigung der Haltung durch Schleusungswasser. Bei genügendem Wasservorrat könnten die Sparbecken, die den Betrieb verlangsamten, teilweise oder vollkommen außer Betrieb gesetzt werden.

Bei der Kammerschleuse und der Schachtschleuse (s. weiter unten) ist jedes Sparbecken durch den Schleusenschacht in zwei Teile getrennt, aus deren jedem eine Pumpe das Wasser nach oben befördert. Die Anordnung

¹⁾ s. Z. 1901 S. 1009.

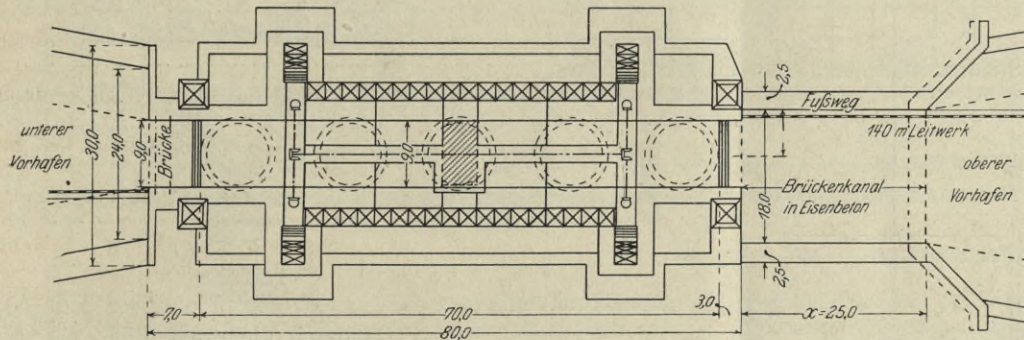


Fig. 9 und 10. Aufzug mit Kolben.

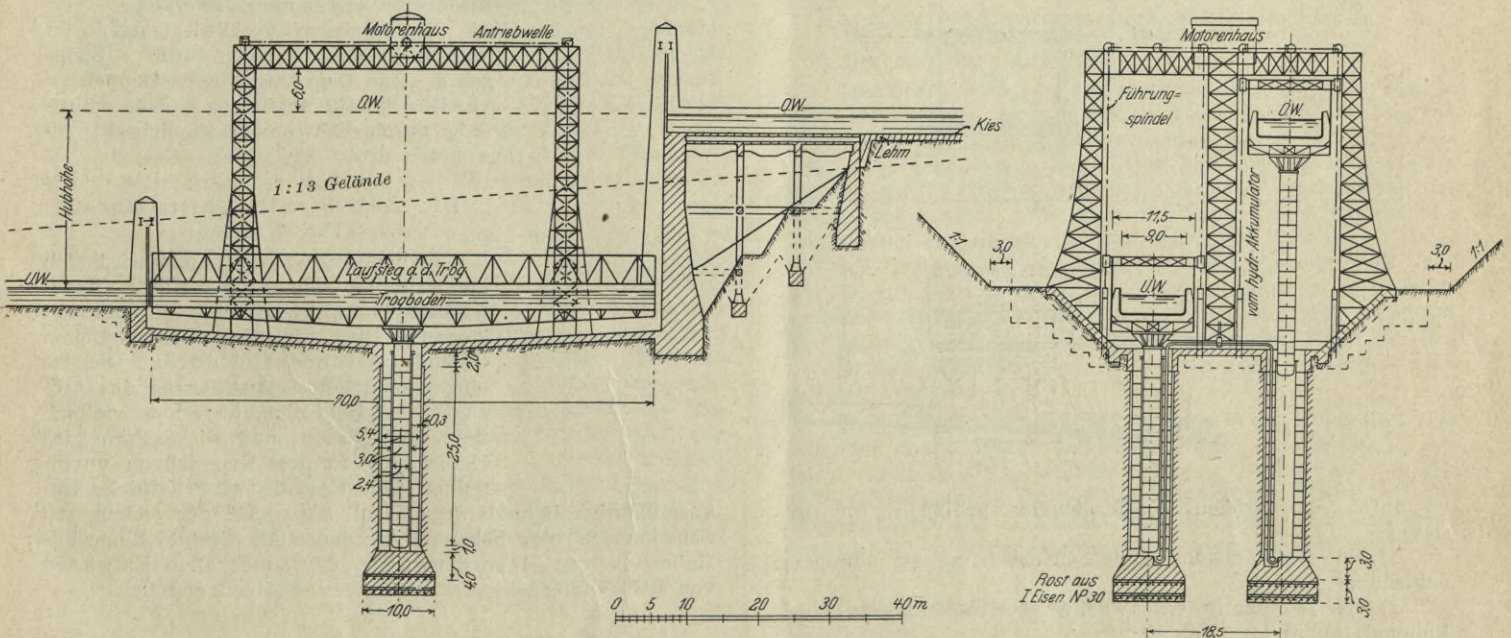
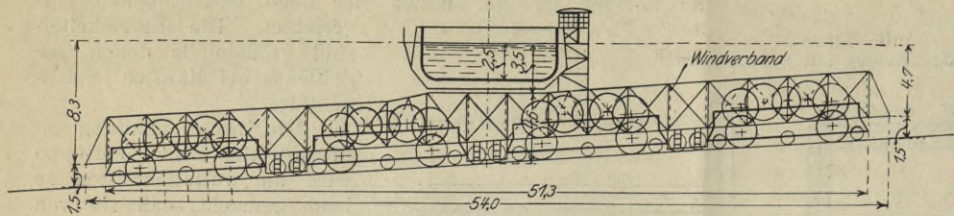
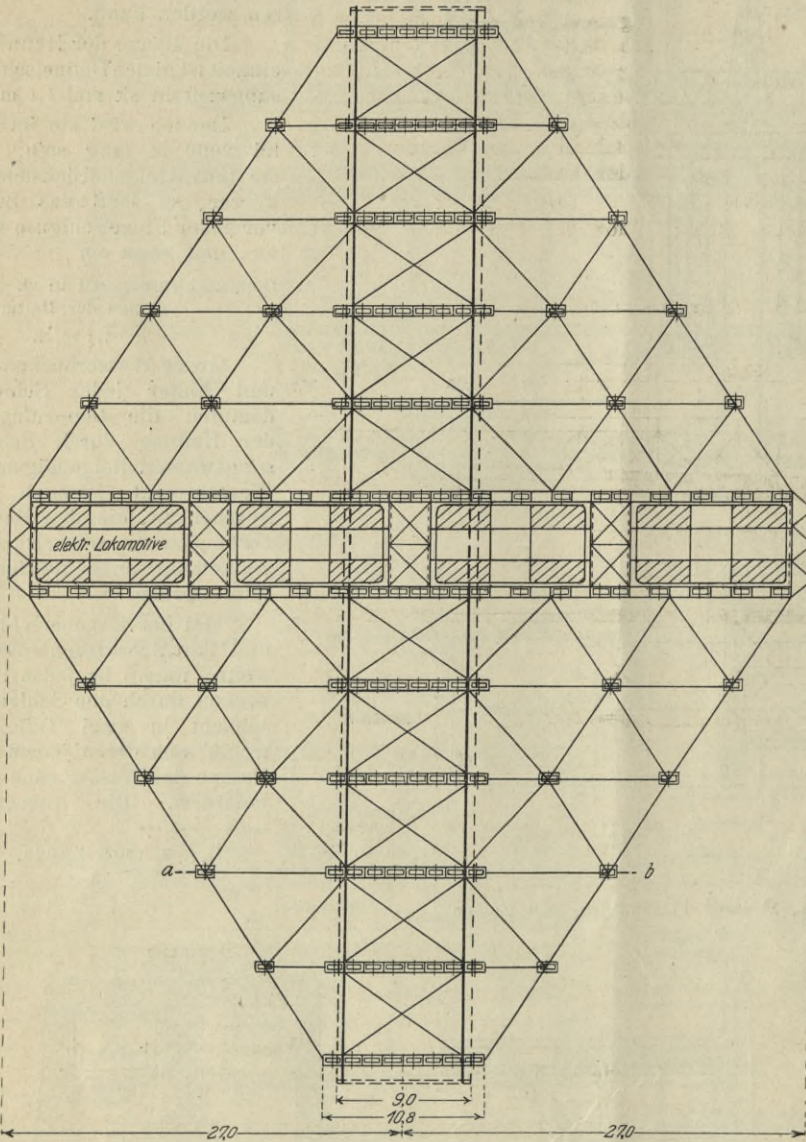


Fig. 11 bis 13. Quergeneigte Trogbahn.

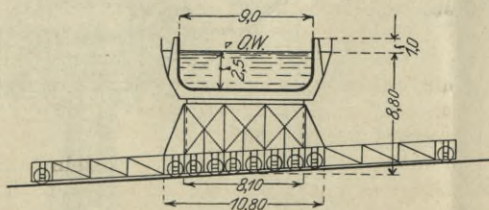
Schnitt durch die Mitte.



Grundriß des Trogbagens.



Schnitt a-b.



ist durch die großen Wassermengen bedingt. Sie gestattet:

- 1) eine vollkommene Außerbetriebsetzung der Pumpen: natürlicher Betrieb;
- 2) die Benutzung eines Teiles der Seitenbecken und Pumpen: gemischter Betrieb;

3) eine vollkommene Ingangsetzung der Spareinrichtung: voller Betrieb.

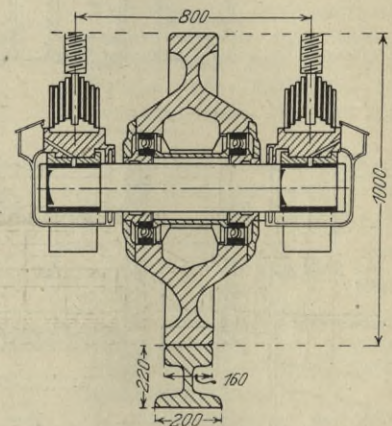
Die Schachtschleuse, Fig. 5 und 6.

Die getrennte Behandlung der einfachen Kammerschleuse und der Schachtschleuse ist durch die Verschiedenartigkeit der baulichen Ausführungen verursacht. Zur Bestimmung der günstigsten Hubhöhe ist die Betrachtung hoher Schleusen notwendig, und diese werden bei über 10,0 m Hubhöhe nur in Form von Schachtschleusen ausgeführt.

Die Anordnungen sind in der Hauptsache dem Entwurf »Renaissance« von Spitzer (Wettbewerb für Anjezd 1904) entnommen. Damit auch hier die Beunruhigung der Haltungen vermieden und die Ausspiegelung beschleunigt wird, liegt das obere Sparbecken höher als O. W., das unterste tiefer als U. W.

Die Sparbecken liegen übereinander. Die Schleusenammer ist unten durch eine Mauer bis auf 4,5 m über U. W. abgeschlossen. Das untere Tor ist ein Hub-, das obere ein Klapptor.

Fig. 14. Laufrad des Trogbagens.



Da durch die große Höhe die genügende Schwere des Bauwerkes gesichert ist, kann eine Ausführung in Eisenbeton angenommen werden.

Der Wasserwechsel zwischen Schacht und Sparbecken erfolgt durch 8 Steigrohre. Zur Regelung dienen Doppelsitzventile: Zylinderschützen, welche selbsttätig durch Schwimmer im Schacht bewegt werden.

Der Aufzug mit Schwimmern, Fig. 7 und 8.

Es ist vorauszusehen und wird sich im weiteren zeigen, daß diese Hebewerkart heute nicht mehr in Betracht kommt. Dies gilt für alle möglichen Geländearten und Hubhöhen. Die im einzelnen tadellose Ausführung des Aufzuges in Henrichenburg hat vielfach übersehen lassen, daß diese Form des Hebewerkes in den Grundzügen unvorteilhaft ist. Um die wirtschaftliche Unvorteilhaftigkeit zu beweisen, soll aber auch der Aufzug mit Schwimmern hier behandelt werden. Als Vorbild diene das Hebewerk von Henrichenburg¹⁾, das unter allen Entwürfen von Schwimmerhebewerken die besten Ideen enthält.

¹⁾ s. a. Z. 1899 S. 946 u. f.

Der Aufzug mit Kolben, Fig. 9 und 10.

Die Erbauung des Aufzuges mit Kolben in Peterborough, Kanada¹⁾, für Schiffe von 600 bis 800 t (?) im Jahr 1902/04 hat wieder vielfache Neigungen für diese Art der Hebung wachgerufen, trotz der schlechten Erfahrungen mit dem Aufzug in Les Fontinettes²⁾.

Die Tröge ruhen auf Preßkolben, deren Zylinder durch ein Rohr miteinander in Verbindung stehen.

Die Parallelführung erfolgt wie beim Aufzug mit Schwimmern, was in Anbetracht der 70,0 m langen Tröge notwendig erscheint. (Die Tröge von Peterborough sind nur 43,0 m lang.)

Eine einfährige Ausführung wäre nur bei Hintereinanderschaltung möglich. Die schwierige Handhabung und die Unübersichtlichkeit ließen aber von der Behandlung absehen.

Die quergeneigte Trogbahn, Fig. 11 bis 13.

Beim Wettbewerb für Aujezd 1904 wurde der Entwurf »Industria austriaca D« einer quergeneigten Trogbahn angekauft. Diese Hebewerkart hat also auch in neuester Zeit noch viele Freunde. Der erwähnte Entwurf behandelt eine Trogbahn mit Scheitelüberschreitung. Beiderseits vom Schei-

einen beweglichen Stahlbolzen, s. Fig. 14; die Anordnung gestattet, für alle drei Bahnen den Reibungskoeffizienten zu $\frac{1}{370}$ anzunehmen. Diese doppelte Wälzung ist eine viel genauere herstellbare Bauweise als die der Wälzrollen, weshalb auch bei allen drei Bahnen von Wälzrollen abgesehen ist.

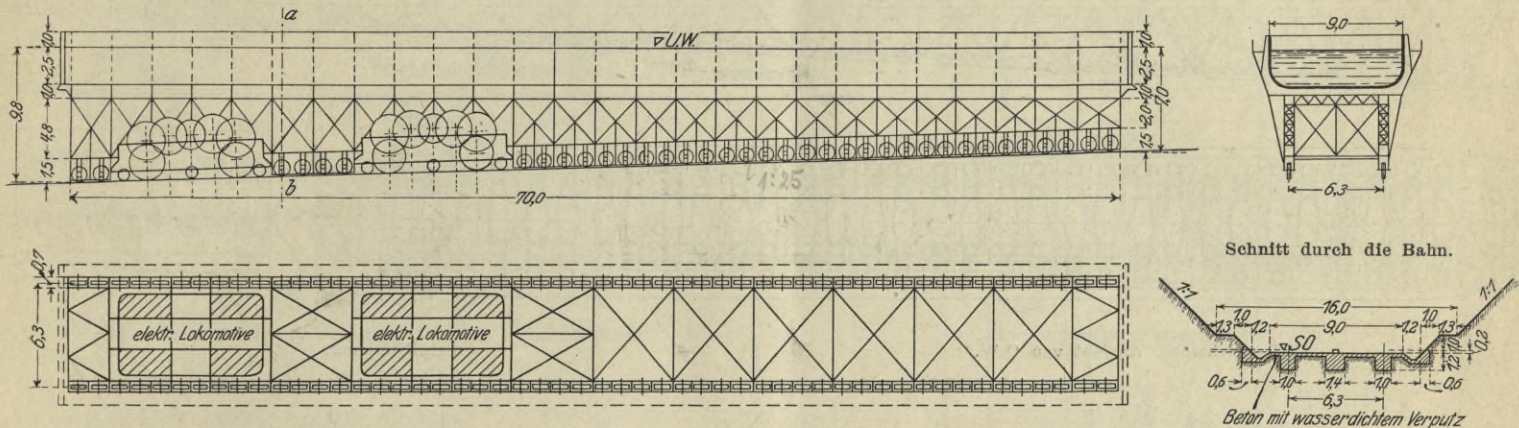
Die längsgeneigte Trogbahn, Fig. 15 bis 18.

Als Vorbild dient im allgemeinen der Entwurf »Universell« der böhmischen Maschinenfabriken im Wettbewerb für Aujezd 1904. Die Begründung, die Bahn nur einfährig auszuführen, liegt in folgendem Bericht von Rothmüller¹⁾:

»Die von mir durchgeführten Berechnungen haben ergeben, daß die Vorteile der Verwendung von Akkumulatorenbatterien bei schwächeren Neigungen als 1:15 infolge der geringen zurückgewonnenen Energie gegenüber den Erhaltungs- und Anlagekosten der Batterie zurückstehen und es deshalb ökonomischer erscheint, bei einfachen, geneigten Bahnen diese Energie durch eingeschaltete Widerstände bei der Talfahrt zu vernichten.«

Die Spurweite von 6,30 m ist um 1,80 m größer, als bei der Schiffseisenbahn angenommen worden ist. Diese Un-

Fig. 15 bis 18. Längsgeneigte Trogbahn.



tel fährt der Trog in das Wasser der entsprechenden Haltung hinein. Es sind also nur Trogtore, nicht aber Haltungsabschlüsse erforderlich. Eine solche Bauart könnte wohl für Trockenförderung in Betracht gezogen werden, nutzt aber bei Naßförderung die geschaffenen Verhältnisse nicht aus.

Hier soll eine Trogbahn mit Querneigung behandelt werden, die in einer Geraden liegt. Als Vorbild sind die beiden Entwürfe der böhmischen Maschinenfabriken benutzt. Der erste (Wettbewerb für den Donau-Moldau-Elbe-Kanal 1895) behandelt eine quergeneigte Trogbahn, der zweite (Wettbewerb für Aujezd 1904) eine längsgeneigte Trogbahn. Die Verwendung der entnommenen Einzelheiten ist aus den Figuren ersichtlich.

Die Neigung 1:15 gestattet ohne übermäßig großen Kraftverbrauch der Fördermaschinen eine einfährige Anordnung, mit und ohne elektrische Aufspeicherung frei gewordener Energie. Die Anzahl der Laufräder ist bei dieser und bei den im folgenden zu behandelnden Bahnen so gewählt, daß auf ein Rad ungefähr 20 t Druck entfallen. Für die Stützung des mittleren Antriebsgestelles und des wagrecht liegenden Gitterträgers sind Laufräder erforderlich, die weniger belastet werden, deren Anzahl aber durch die Abstände der notwendigen Stützpunkte gegeben ist. Die Konstruktion der Laufräder und der Druckübertragung ähnelt derjenigen des Entwurfes »Universell« der böhmischen Maschinenfabriken; jedoch stützt sich jedes Laufrad mittels zweier Kugellager auf

gleichheit ist mit Rücksicht auf die Stabilität, die durch die Wasserschwankungen gefährdet wird, berechtigt.

Die Schiffseisenbahn, Fig. 19 bis 26, nach Angaben von Prof. Kammerer, Berlin.

Der Vorgang ist folgender:

Das Schiff wird von der Laufkatze auf einen im Wasser stehenden Wagen gezogen. Vier Ausrichtspille des Wagens, deren Taue am Schiff befestigt werden, legen es vollkommen fest. Auf dem Wagen befindliche hydraulische Stützylinder werden gefüllt und legen sich fest an die Wandung und den Boden des Schiffes. Nachdem die Ventile der Stützylinder geschlossen sind, setzt sich der Wagen in Bewegung. Ist er auf der Drehscheibe angelangt, so wird diese gedreht, und der Wagen fährt in die obere Haltung hinunter. Die Stützylinder werden nun entleert und die Ausrichtspille gelockert, die Seile gelöst. Eine Laufkatze zieht das Schiff in den oberen Vorhafen hinein, wo es je nach Lage des Kanales gewendet werden muß.

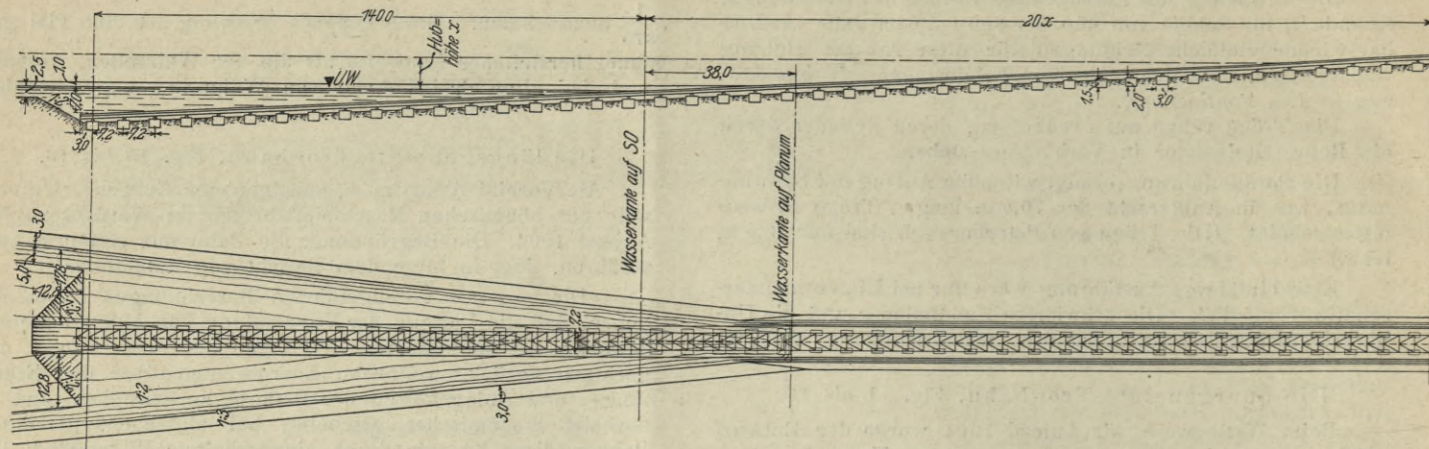
Der Wagen besteht aus einzelnen in der Höhenlage voneinander unabhängigen Laufradschemeln, die das Schiff mittels festgestellter Tauchkolben stützen. Dieses hat stets dieselbe elastische Linie wie das Bahnstück, über das der Wagen fährt. Die elastische Linie der Bahn muß also stetig gekrümmt, am besten eine Gerade, niemals aber gebrochen

¹⁾ s. Z. 1904 S. 1589.

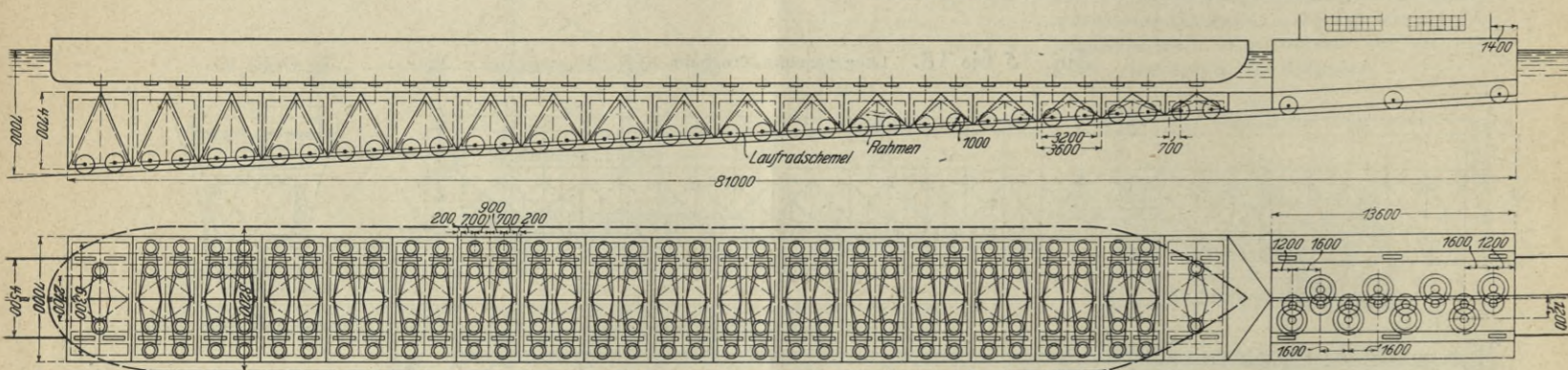
²⁾ Z. 1900 S. 280.

¹⁾ Ztschr. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. vom 30. Juni 1905.

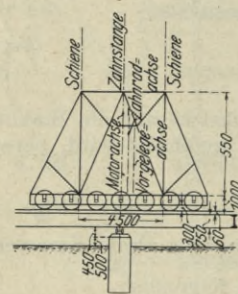
Fig. 19 bis 26. Schiffs-



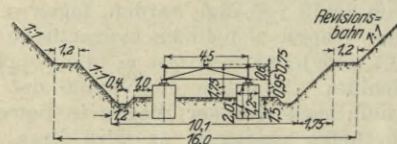
Schiffswagen.



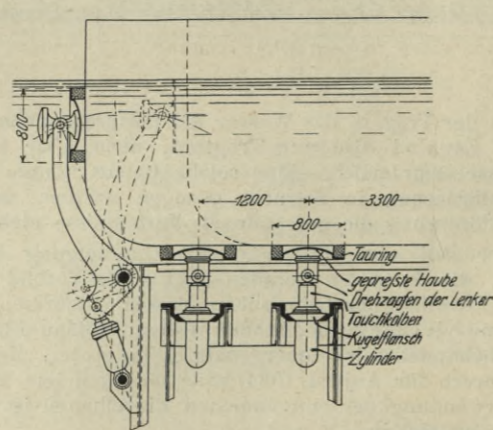
Drehscheibe. Ansicht von O.W.



Normales Querprofil.



Schiffstützung.



Die Drehscheibe gestattet eine ganz beliebige Lage des Oberhauptes¹⁾.

II) Leistungsfähigkeit.

1) Die Fahrgeschwindigkeit.

Das vom Schiff verdrängte Wasser kann bei großem Kanalquerschnitt leichter abfließen als bei kleinem. Der Fahrwiderstand ist proportional der relativen Geschwindigkeit, d. h. Schiffsgeschwindigkeit + Rückströmgeschwindigkeit.

Da die Zugkraft möglichst gleichmäßig sein soll, so muß auch die relative Geschwindigkeit annähernd unver-

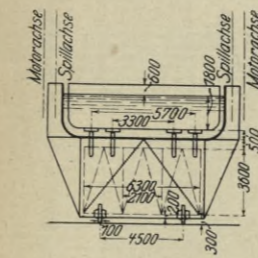
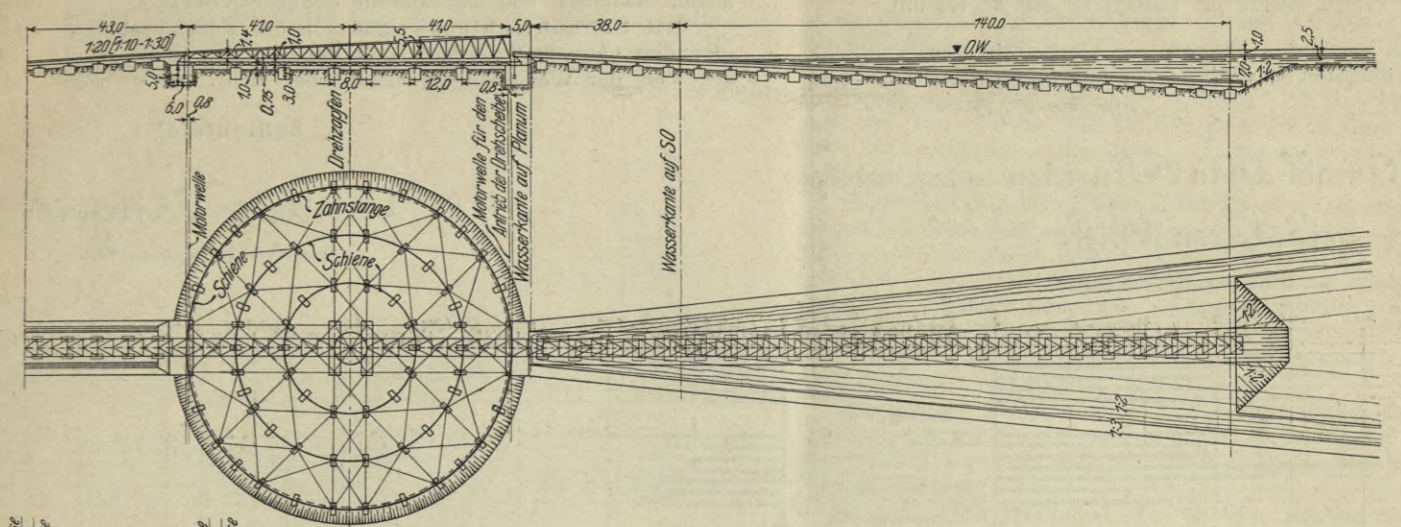
¹⁾ Weitere Angaben über alle sieben Hebewerkarten finden sich in den angegebenen Quellen.

sein. Die einzelnen Lauftragschemel sind durch einen Rahmen in wagerechter Richtung verbunden.

Die Bahn besteht aus einem liegenden Parallelträger, dessen Gurtungen Differdinger Grey-Eisen sind, auf denen Flacheisenschienen von 180 mm Breite und 60 mm Höhe ruhen. In der Mitte der Schienen ist eine liegende Zahnstange ebenfalls auf dem eisernen Unterbau befestigt. In Entfernungen von 7,1 m ist der Unterbau auf Walzen gelagert und vor der Drehscheibe an einem Betonklotz aufgehängt.

Die Dilatation macht sich nur am unteren Ende bemerkbar. Dadurch ist eine fugenlose Bahn geschaffen.

eisenbahn nach Kammerer.



ändert bleiben. Prüssmann nimmt die letztere zu 0,54 m/sk an, was ungefähr einer Zugkraft von 600 kg entspricht.

Ist
 V_r die relative Geschwindigkeit = 0,54
 V_s » Schiffsgeschwindigkeit
 F_f der Querschnitt der Fahrinne
 F_s » Schiffsquerschnitt,

so ist
$$\frac{V_s}{V_r} = \frac{F_f - F_s}{F_f}$$

und die Schiffsgeschwindigkeit

$$V_s = \frac{(F_f - F_s) V_r}{F_f}$$

Kammerschleuse.

Bei einer mittleren Ladung ist am Unterdrempel

$$V_s = \frac{16 \cdot 0,54}{27} = 0,32 \text{ m/sk,}$$

vergl. Fig. 27, bezw. am Oberdrempel

$$V_s = \frac{30 \cdot 0,54}{40,5} = 0,40 \text{ m/sk, vergl. Fig. 28.}$$

Schachtschleuse.

Unterdrempel: $V_s = \frac{26,4 \cdot 0,54}{37,2} = 0,38 \text{ m/sk,}$

Oberdrempel: $V_s = \frac{12,7 \cdot 0,54}{23,5} = 0,29 \text{ m/sk.}$

Schiffströge.

$$V_s = \frac{11,7 \cdot 0,54}{22,5} = 0,28 \text{ m/sk, s. Fig. 29.}$$

Fig. 27.

Querschnitt über dem Unterdrempel der Kammerschleuse.

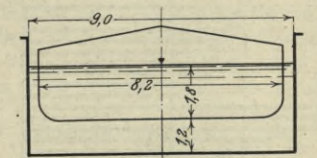


Fig. 28.

Querschnitt über dem Oberdrempel der Kammerschleuse.

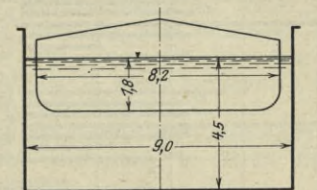


Fig. 29. Querschnitt des Schiffströges.

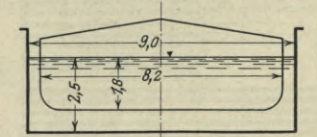
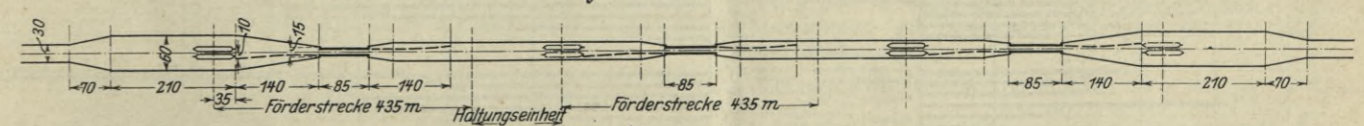
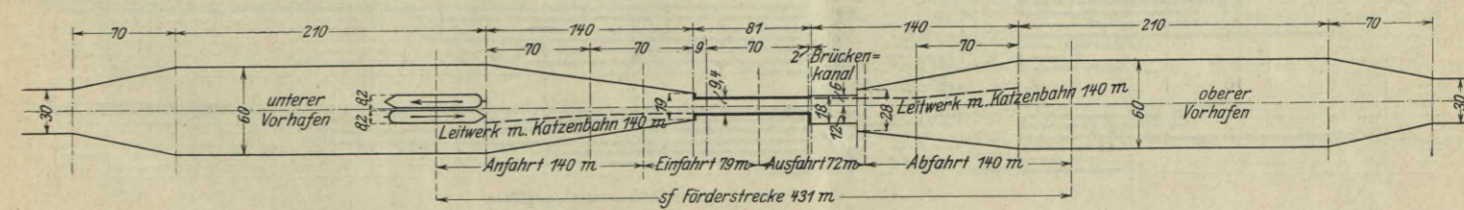


Fig. 30. Schleusentreppe.



Haltungseinheit
 am günstigsten = 1 sk · 1,1 m/sk
 oder ein Vielfaches davon.
 Im folgenden
 des steilen Geländes wegen = 0

Fig. 31. Schachtschleusenanlage.



2) Die Förderzeit

(vergl. hierzu die Lagepläne Fig. 30 bis 33).

Bei der Kammerschleuse beträgt die Heb- und Senkgeschwindigkeit 0,05 m/sk. Bei der vorgesehenen Anordnung

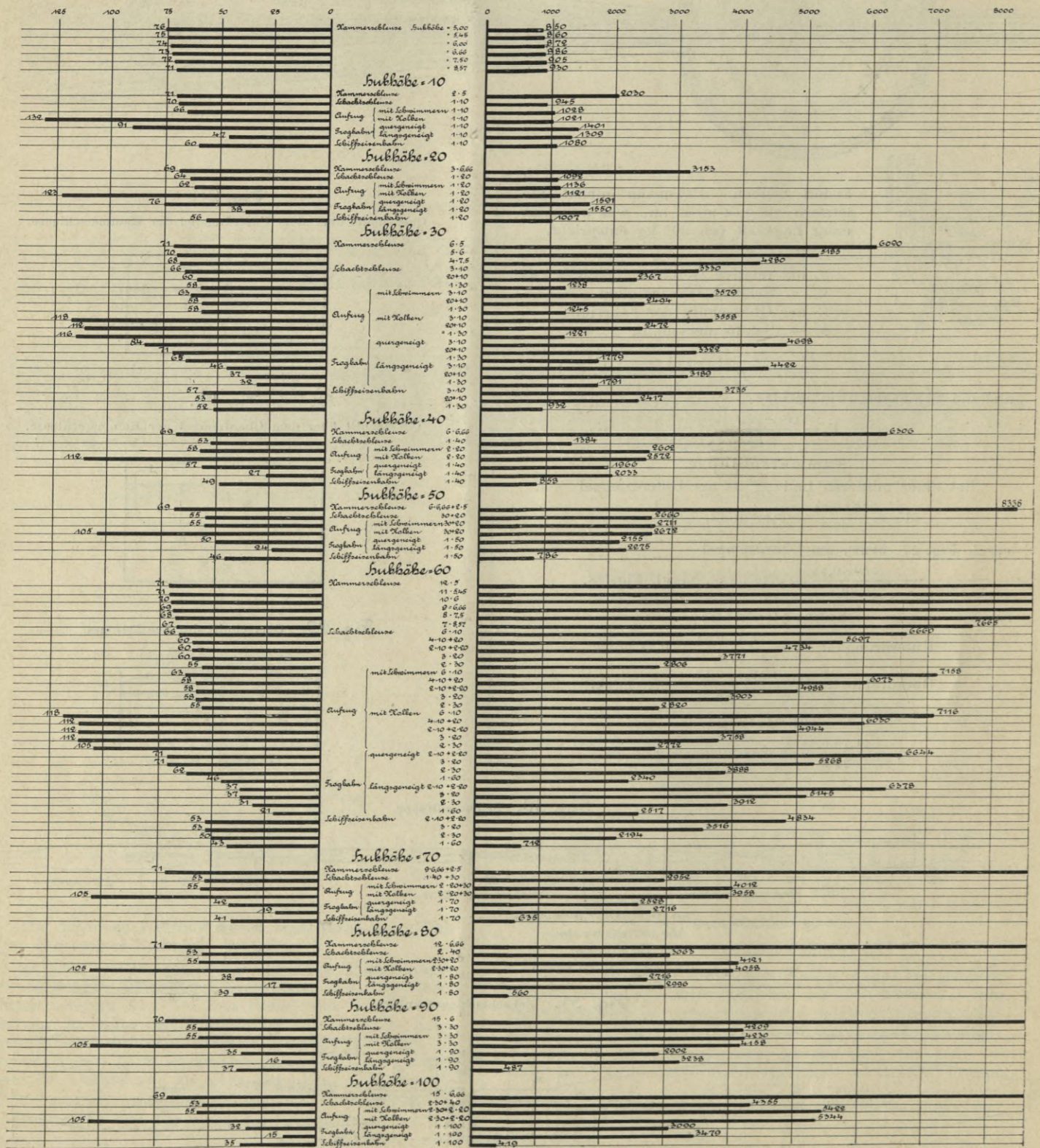
von Sparbecken ist dieser Wert ein mittlerer. (Vergl. Prüssmann, Schleusen und mechanische Schiffshebwerke.)

Die Schachtschleuse muß von der Kammerschleuse gesondert betrachtet werden, weil die Geschwindigkeit, mit der sich der Wasserspiegel senkt oder hebt, größer sein

Zahlentafel 1.

Anzahl der in 24 Stunden nach beiden Richtungen geförderten Schiffe für die Verteilung positive Werte

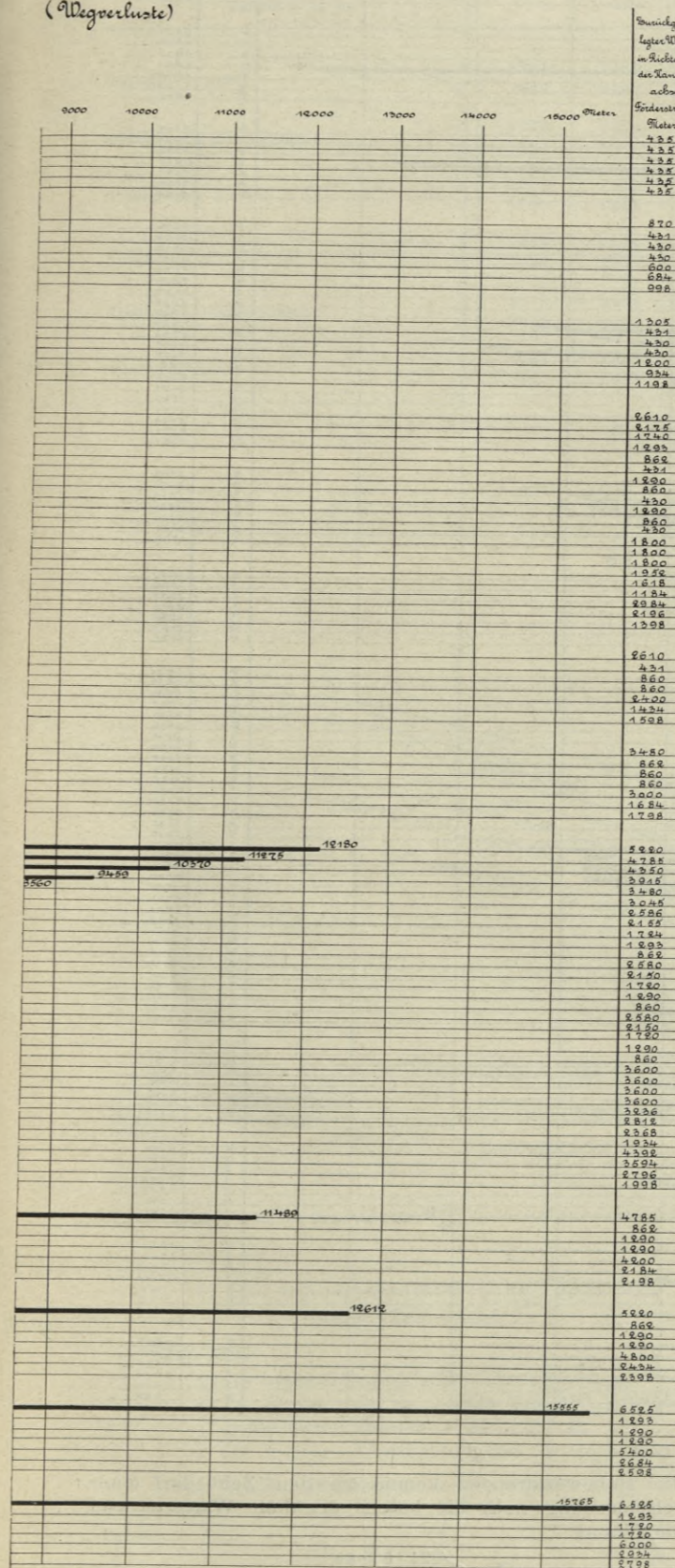
Scheinbare Längen für die Verteilung negative Werte



Der Aufzug mit Kolben ist doppelfähig

kann. In dem Entwurf »Renaissance« (Wettbewerb für Aujezd 1904) ist diese Geschwindigkeit mit 0,10 m/sk angegeben. Das Preisgericht hält das bei vorzüglicher Ausführung für zulässig. In dieser Abhandlung ist die Geschwindigkeit zu 0,08 m/sk angesetzt. Die obere Haltung endigt

(Verluste)



in einem x m langen Brückenkanal, der also mit der Hubhöhe seine Ausdehnung ändert. Beim Entwurf »Renaissance« ist der Brückenkanal 130 m lang. Dieses Hebewerk ist für das betreffende Gelände nicht vorteilhaft.

Beim Aufzug mit Schwimmern hebt und senkt sich das Schiff wie in Henrichenburg mit 0,11 m/sk Geschwindigkeit; die Tore werden wie bei der Schleuse in Klein-Machnow mit 0,15 m/sk aufgezogen. (Lageplan wie bei der Schachtschleuse, Fig. 5 und 6.)

Beim Aufzug mit Kolben beträgt die Troggeschwindigkeit mit Rücksicht auf die Schraubenspindelführung ebenfalls 0,11 m/sk. Beim Hebewerk in Peterborough soll sie 0,22 m/sk groß sein; dort ist aber die Führung infolge der geringen Troglänge ganz roh. (Lageplan ähnlich dem der Schachtschleuse, Fig. 5 und 6.)

Bei der quergeneigten Trogbahn beträgt die Fahr- geschwindigkeit 0,8 m/sk.

Bei der längsgeneigten Trogbahn beträgt die Geschwindigkeit im Mittel 0,56 m/sk, wie beim Entwurf »Universell«. (Anordnung der Vor- und Hinterhäfen wie bei der Schachtschleuse.)

Bei der Schiffseisenbahn ist eine mittlere Fahr- geschwindigkeit mit 1,75 bzw. 2,0 m/sk angenommen. Die höchste zulässige Geschwindigkeit wird erst mit etwa 4,0 m/sk erreicht.

Die Beschleunigung nehme von einem Höchstwert bis auf null gleichmäßig ab. Die Geschwindigkeitskurve ist eine Parabel. Der Endpunkt der Beschleunigung liegt an der Stelle, wo der Schiffswagen aus dem Wasser taucht, nachdem also ein Weg von 140 m zurückgelegt ist.

Dauer der Beschleunigung = 140 / (2/3 * 1,75) = 120 sk

Beschleunigung = (2 * 1,75) / 120 = 1/30 m/sk.

3) Die »scheinbare Länge« in bezug auf Leistungs- fähigkeit (vergl. Zahlentafel 1).

Der Schiffer bewertet ein Hebewerk anders als die Kanalverwaltung. Für jenen ist die »scheinbare Länge«, für diese die Zahl der in einer bestimmten Zeit geförderten Schiffe maßgebend.

Da ein Schiffshebwerk die Leistungsfähigkeit des gesamten Kanalnetzes verringert, so ist die Einführung negativer Größen berechtigt.

Die »scheinbare Länge« gibt an, wie viele Kilometer das Schiff auf einem schleusenfreien, geraden Kanal während des Aufenthaltes im Hebewerk zurücklegen könnte. Ist die mittlere Geschwindigkeit auf dem schleusenfreien Kanal

v = 1,1 m/sk = 4 km/st,

so beträgt die scheinbare Länge

s_s = A sk * 1,1 m/sk - s_f,

wenn

A = Aufenthalt im Hebewerk bei Berg- bzw. Talfahrt
s_f = Förderstrecke in Richtung der Kanalachse.

Nach dieser Gleichung ist die Zahlentafel 1 berechnet.

Je größer s_s wird, desto ungünstiger für das Hebewerk; die Darstellung gibt also einen Maßstab für die Größe des Verkehrshindernisses.

Bei der graphischen Darstellung ist A für die Bergfahrt gerechnet.

Die scheinbare Länge wird am kleinsten, wenn die Fahrt durch das Hebewerk wenig Aufschub verursacht. Bei den Hebewerktreppen sind die Einzelhebwerke unmittelbar hintereinander geschaltet, um möglichst steiles Gelände überwinden zu können. (Zwischhaltungen mit einer Länge = Doppelförderzeit * 1,1 m/sk wären günstiger, weil sie eine gleichzeitige Förderung in den Einzelhebwerken ermöglichen würden.) Bei der unmittelbaren Hintereinanderschaltung befinden sich Schiffe mit gleichgerichteter Fahrt nur je in dem zweiten Einzelhebwerk. Die Aufenthalte bei Berg- und Talfahrt sind nicht gleich. Es sind deshalb für Wartezeit vor jedem Einzelhebwerk 2,5 min gerechnet.

Zahlentafel 2.

Tonnenkilometrische Jahresleistung

für die Beurteilung positiver Werte

Bestandteile An-
zahl des Schiffs
kennzeichens
abwärts- und
aufwärts-
leistung!

Leistungs-
differenz
im 1000 t
Leistungs-
differenz
im 1000 t
Leistungs-
differenz
im 1000 t

	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000			
Subhöhe = 10												
Kammerschleuse	2.500											1387
Schleuse	2.500											7290
Anfang mit Schwimmen	1.10											7193
- Halben	1.10											7086
Frachter quergeneigt	1.10											6938
- längsgeneigt	1.10											6901
Schiffseisenbahn	1.10											6901
Subhöhe = 20												
Kammerschleuse	3.600											6001
Schleuse	4.80											6204
Anfang mit Schwimmen	1.20											6204
- Halben	1.20											6204
Frachter quergeneigt	1.20											6204
- längsgeneigt	1.20											6204
Schiffseisenbahn	1.20											6204
Subhöhe = 30												
Kammerschleuse	6.5											6001
Schleuse	8.6											6204
Anfang mit Schwimmen	3.10											6204
- Halben	3.10											6204
Frachter quergeneigt	3.10											6204
- längsgeneigt	3.10											6204
Schiffseisenbahn	3.10											6204
Subhöhe = 40												
Kammerschleuse	6.600											6001
Schleuse	8.8											6204
Anfang mit Schwimmen	2.20											6204
- Halben	2.20											6204
Frachter quergeneigt	2.20											6204
- längsgeneigt	2.20											6204
Schiffseisenbahn	2.20											6204
Subhöhe = 50												
Kammerschleuse	6.600											6001
Schleuse	8.8											6204
Anfang mit Schwimmen	3.30											6204
- Halben	3.30											6204
Frachter quergeneigt	3.30											6204
- längsgeneigt	3.30											6204
Schiffseisenbahn	3.30											6204
Subhöhe = 60												
Kammerschleuse	12.5											6001
Schleuse	16.6											6204
Anfang mit Schwimmen	4.40											6204
- Halben	4.40											6204
Frachter quergeneigt	4.40											6204
- längsgeneigt	4.40											6204
Schiffseisenbahn	4.40											6204
Subhöhe = 70												
Kammerschleuse	12.5											6001
Schleuse	16.6											6204
Anfang mit Schwimmen	4.40											6204
- Halben	4.40											6204
Frachter quergeneigt	4.40											6204
- längsgeneigt	4.40											6204
Schiffseisenbahn	4.40											6204
Subhöhe = 80												
Kammerschleuse	12.5											6001
Schleuse	16.6											6204
Anfang mit Schwimmen	4.40											6204
- Halben	4.40											6204
Frachter quergeneigt	4.40											6204
- längsgeneigt	4.40											6204
Schiffseisenbahn	4.40											6204
Subhöhe = 90												
Kammerschleuse	15.600											6001
Schleuse	20.8											6204
Anfang mit Schwimmen	5.20											6204
- Halben	5.20											6204
Frachter quergeneigt	5.20											6204
- längsgeneigt	5.20											6204
Schiffseisenbahn	5.20											6204
Subhöhe = 100												
Kammerschleuse	15.600											6001
Schleuse	20.8											6204
Anfang mit Schwimmen	5.20											6204
- Halben	5.20											6204
Frachter quergeneigt	5.20											6204
- längsgeneigt	5.20											6204
Schiffseisenbahn	5.20											6204

Der Anfang mit Halben ist Doppelfähig

4) Anzahl der in 24 Stunden nach beiden Richtungen geförderten Schiffe; s. Zahlentafel 1.

Bei Einzelhebwerken ist die Anzahl der Schiffe

$$Z = 2 \frac{24 \cdot 60 \cdot 60}{T_{sk}}$$

Bei Hebewerktreppen kommt zu dem Zeitbedarf einer Doppelschleusung noch die bereits erwähnte Wartezeit von 2,5 min hinzu:

$$Z = 2 \frac{24 \cdot 60 \cdot 60}{T_{sk} + 2,5 \cdot 60}$$

Aufenthalt eines Schiffes im Hebewerk = A Zeitbedarf der Doppelförderung = T
 bei Einzelhebwerken in Sekunden.

Kammerschleuse: Hubhöhe	m	A	T
5,00	1168	2276	
5,45	1177	2294	
6,00	1188	2316	
6,66	1201	2342	
7,50	1218	2376	
8,57	1239	2419	

Hubhöhe in m		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Schachtschleuse	A	1251	1385	1517	1650	—	—	—	—	—	—
	T	2439	2702	2964	3225	—	—	—	—	—	—
Aufzug mit Schwimmern	A	1326	1424	1523	—	—	—	—	—	—	—
	T	2584	2778	2972	—	—	—	—	—	—	—
Aufzug mit Kolben	A	1319	1410	1501	—	—	—	—	—	—	—
	T	1302	1393	1484	—	—	—	—	—	—	—
Trogbahn, quergeneigt	A	1819	2537	3254	3969	4686	5400	6116	6833	7547	8264
	T	1887	2264	2640	3014	3394	3767	4142	4518	4894	5270
Trogbahn, längsgeneigt	A	1812	2258	2705	3152	3599	4046	4491	4937	5384	5830
	T	3615	4509	5401	6293	7187	8079	8973	9865	10759	11651
Schiffseisenbahn	A	1924	2039	2153	2267	2384	2496	2610	2724	2839	2953
	T	2857	3073	3286	3500	3717	3934	4143	4357	4572	4786

Fig. 32. Quergeneigte Trogbahn.

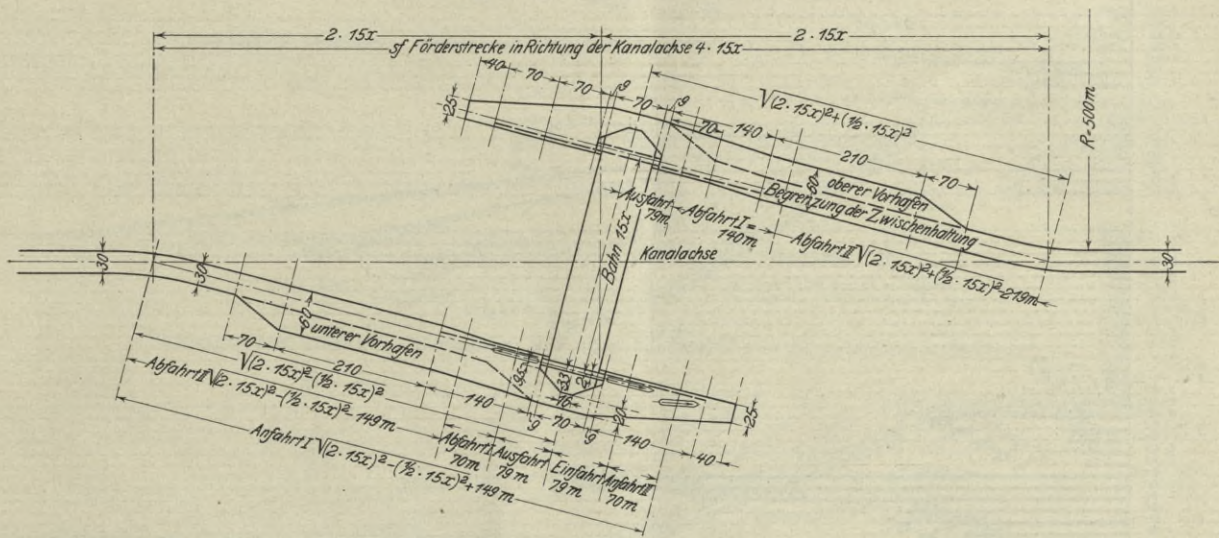
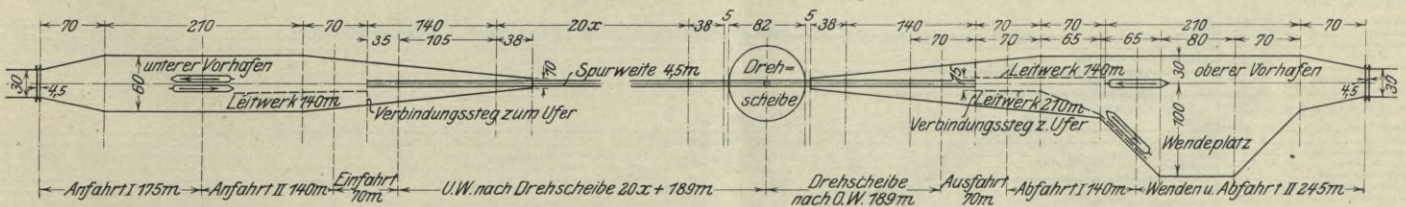


Fig. 33. Schiffseisenbahn.



5) Die tonnenkilometrische Leistung
 (vergl. Zahlentafel 2).

Bezeichnet

- Q die tonnenkilometrische Jahresleistung,
- n » Anzahl der in 1 Jahr mit 270 Betriebstagen geförderten Tonnen = $360 \cdot 270 Z$,
- v die mittlere Geschwindigkeit im Hebewerk nach beiden Richtungen = $\frac{2 s_f}{T}$,

so ist

$$Q = \frac{n v}{1000}$$

Diese Werte berechtigen zu einer allgemeinen Beurteilung des Hebewerkes in bezug auf Leistungsfähigkeit; s. Zahlentafel 2.

Bei der Hebewerkstreppe ist

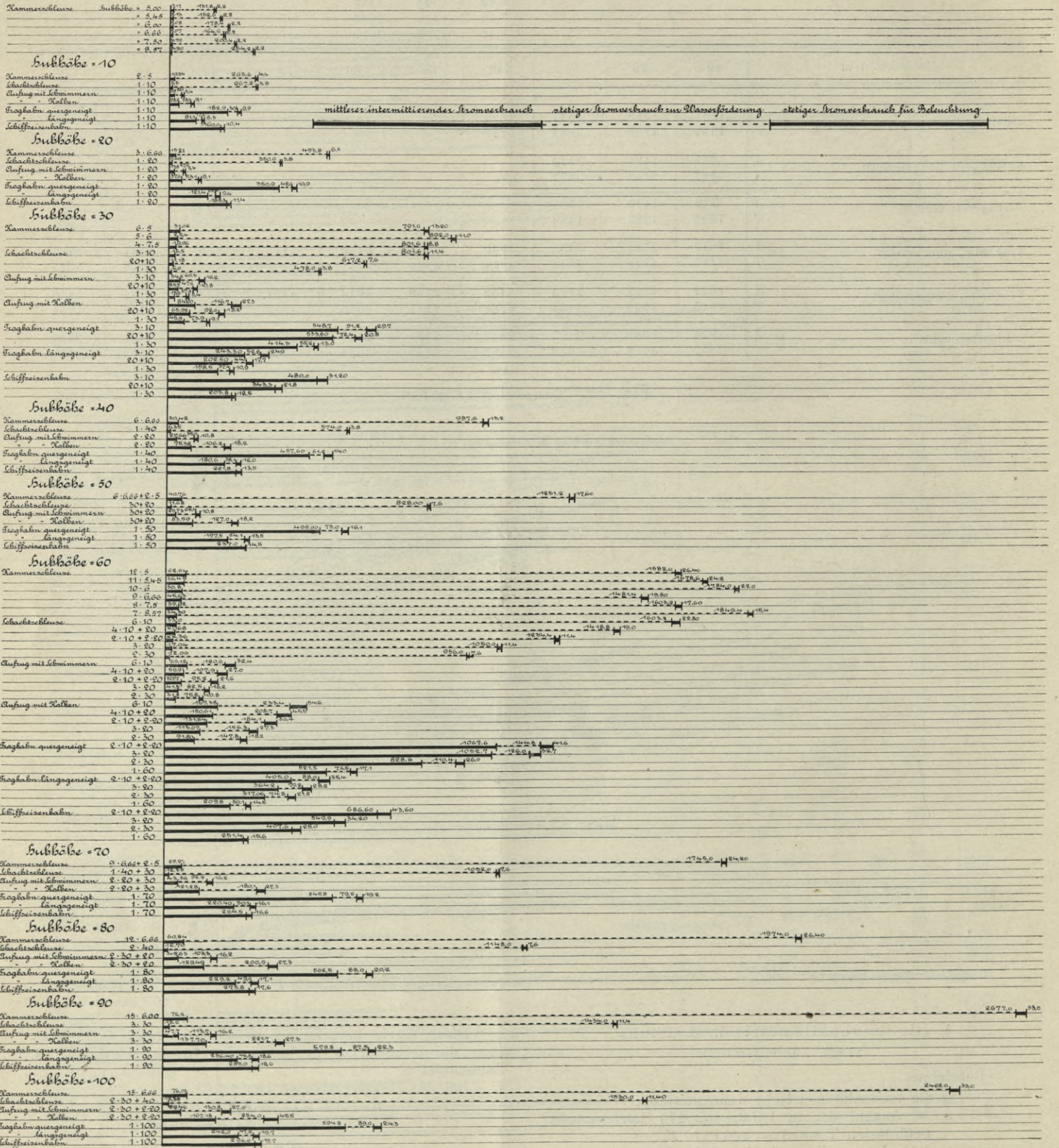
$$n = Z \text{ für Hebewerkstreppe } 360 \cdot 270$$

$$v = \frac{2 s_f \text{ (Förderstrecke einer Stufe)}}{(T + 2 \cdot 150)_{sk}}$$

III) Kraftverbrauch für den Antrieb.

Die Wahl der Kraftbeschaffung und Zuleitung ist von so vielen örtlichen Verhältnissen u. a. m. abhängig, daß hier keine bestimmte Annahme gemacht werden kann. Die wahr-

Mittlerer Stromverbrauch in KW während einer Doppelförderung gemessen am Schaltbrett des Hebewerkes



scheinlichste Art wäre für alle Hebewerke die Zuleitung der elektrischen Energie von einem gemeinsamen Kraftwerk aus. Für diesen Fall käme nur hochgespannter Drehstrom in Frage, der in jedem einzelnen Hebewerk oder in jeder Hebewerktrappe, sofern sie nicht länger als etwa 3000 m ist, auf

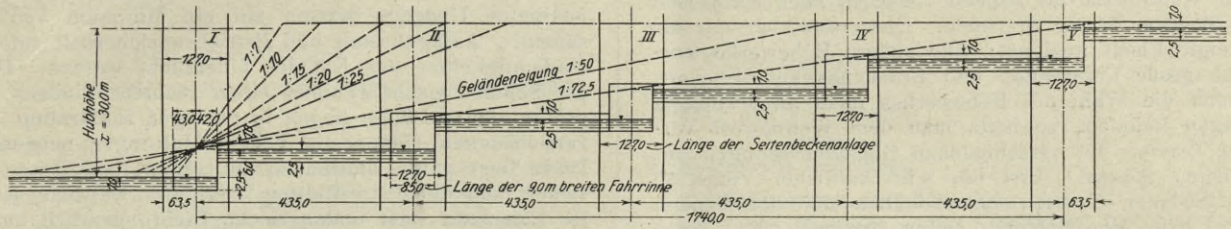
eine normale Verbrauchspannung gebracht werden müßte. Ist die Zahl der Hebewerke gering und die Entfernung der einzelnen Werke sehr groß, so kann es dagegen vorteilhaft sein, bei entsprechenden örtlichen Verhältnissen die Energie aus Einzelkraftwerken in der Nachbarschaft der Ver-

Fig. 34.

Ueberwindung eines Gefälles von 30 m bei verschiedenen Geländeneigungen.
Längen 1:5000; Höhen 1:500.

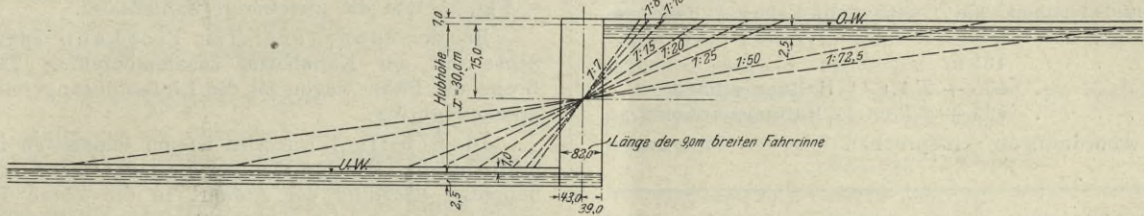
Schleusentreppe. 5 Stufen zu 6 m.

Bedingung: Die Geländelinie schneide das O.W. in der Mitte zwischen den Schleusentoren.

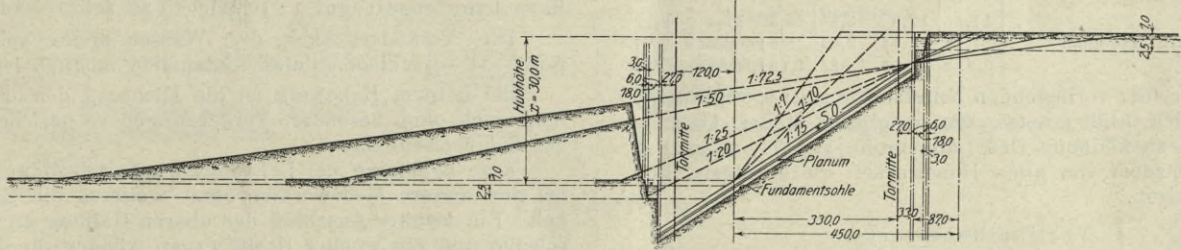


Vertikalhebwerke. Schachtschleuse, Aufzug { mit Schwimmern.
mit Kolben.

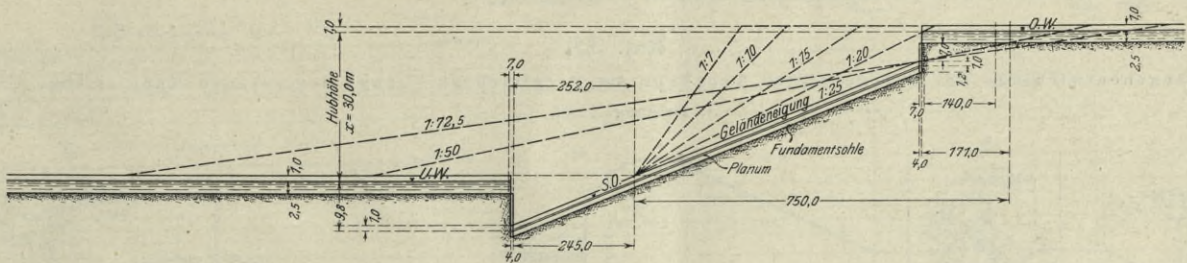
Bedingung: Die Geländelinie geht durch die Mitte zwischen O.W. und U.W. und zwischen den Schleusen- bzw. Haltungstoren.



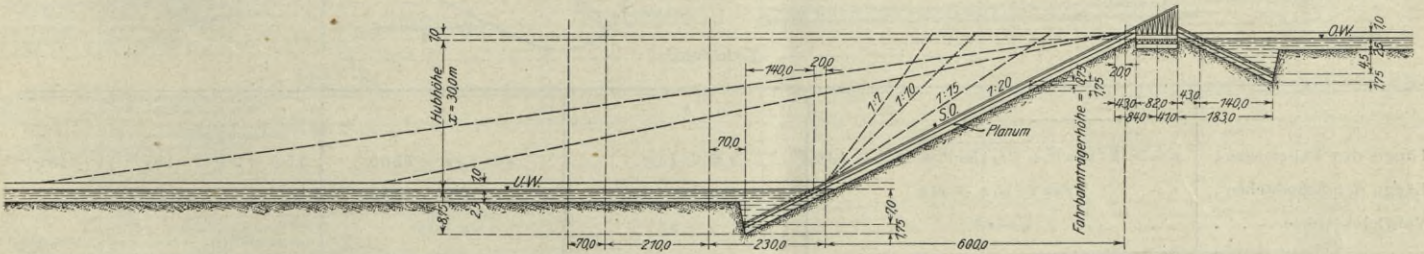
Quergeneigte Trogbahn. Bedingung: S.O. liegt mindestens 1 m im gewachsenen Boden.



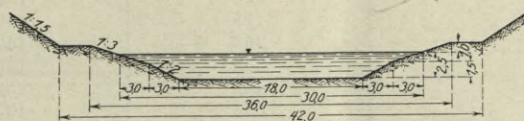
Längsgeneigte Trogbahn. Bedingung: S.O. liegt mindestens 1 m im gewachsenen Boden.



Schiffseisenbahn. Bedingung: S.O. liegt nicht höher als der gewachsene Boden.



Normales Querprofil 1:250.



IV) Die Linienführung von Kanälen

wird, wenn große Gefälle zu überwinden sind, auch von den Eigentümlichkeiten der verschiedenen Hebewerkarten abhängig gemacht

werden müssen. Es kommen hierbei drei Hebewerkarten in Betracht, s. Fig. 34:

1) Treppen, bestehend aus einfachen Kammerschleusen von 5 bis 8 m Einzelhubhöhe;

brauchstellen zu beziehen.

Mit diesen kurzen Bemerkungen soll nur angedeutet werden, daß die Ausführung der elektrischen Anlage außerhalb des Hebewerkes von so verschiedenen Umständen beeinflusst wird, daß man sich zum Zwecke des Vergleichs darauf zu beschränken hat, nur den Kraftverbrauch des einzelnen Hebewerkes, gemessen an seinem Schaltbrett, zu bestimmen. Das ist in Zahlentafel 3 geschehen.

- 2) Vertikalhebwerke: hohe Schachtschleusen, Aufzüge mit Schwimmern, Aufzüge mit Kolben, Schwimmtrommeln;
- 3) geneigte Ebenen: quergeneigte Trogbahn, längsgeneigte Trogbahn, Schiffseisenbahn.

Für jede dieser Hauptabteilungen wird sich in bezug auf Erdarbeiten und Grunderwerb eine günstigste Trasse finden lassen.

Beim Wettbewerb für Aujezd 1904 lag allen Entwürfen ziemlich dieselbe Trasse zugrunde. Diese war aber nur für eine geneigte Ebene geeignet; alle andern Hebwerke wurden durch große Erdarbeiten und Brückenkanäle verteuert. Wollte man die Wahl des Hebwerkes nicht an bestimmte Bedingungen knüpfen, so hätte man dem Wettbewerb verschiedene Trassen mit verschiedenen Geländeneigungen zugrunde legen müssen. Erst ein wirtschaftlicher Vergleich der verschiedenen Trassen einschließlich der betreffenden Hebwerke hätte eine richtige Lösung ergeben.

Schleusentreppe.

Die Abstände von Stufenmitte zu Stufenmitte betragen bei höchster Leistungsfähigkeit, wenn T die Doppelschleusungsdauer und $1,1$ m/sk die Geschwindigkeit auf der Zwischenhaltung ist,

- ungefähr 435 m
- oder $435 + T \cdot 1,1$ (1 Haltungseinheit)
- oder $435 + 2 T \cdot 1,1$ (2 Haltungseinheiten).

Diesen Anordnungen entsprechen folgende Steigungen in vT :

Abstände der Stufenmitten	5,00	5,45	6,00	6,66	7,5	8,57
435	11,5	12,5	13,8	15,3	17,2	19,7
435 m + 1 Haltungseinheit	1,70	1,83	2,01	2,21	2,21	2,77
435 » + 2	0,919	0,995	1,085	1,191	1,325	1,485

Bei der hier vorliegenden Untersuchung ist die Haltungseinheit gleich null gesetzt, um möglichst steiles Gelände überwinden zu können. Das Längsprofil, Fig. 34, zeigt, daß Treppen trotzdem von allen Hebwerken die geringste Steigung verlangen.

Vertikalhebwerke.

Je steiler das Gelände, desto geringer sind die Anlagekosten. Man stellt das Hebwerk zweckmäßig ungefähr in

die Mitte der Geländeböschung. Die Dichtung der oberen Haltung verlangt besondere Sorgfalt. Ueber den Umfang dieser Anlage ist weiter unten näheres angegeben.

Die quergeneigte Trogbahn.

Der Weg, den das Schiff macht, kann unmöglich mit der Kanalachse zusammenfallen. Die durch die Zufahrten bedingten Umwege müssen auf ein Minimum von Zeitverschumnis, Anlagekosten und Betriebsunsicherheit infolge von Undichtigkeiten des Kanales untersucht werden. Der Weg des Schiffes macht zweimal einen rechten Winkel. Auf ungefähr 400 m Länge liegen in geringer Entfernung und auf verschiedenen Höhen die beiden Haltungen nebeneinander. Darin liegt unter Umständen die Gefahr, daß Wasser durchsickert und die obere Haltung leerläuft. Entweder ist ein tiefer Einschnitt oder umfangreiche Dichtungsarbeit notwendig. Um nun die günstigste Lage der Bahnachse zur Kanalachse zu ermitteln, zieht man für verschiedene Anordnungen von dem vom Schiffe durchfahrenen Weg s den Weg in Richtung der Kanalachse sf ab und erhält so einen Vergleichwert; s. Fig. 35 und die zugehörige Zahlentafel.

Bei der längsgeneigten Trogbahn kann die Bahnachse mit der Kanalachse zusammenfallen. Der geringen Breite der Bahn wegen ist die Linienführung leicht, die Erdarbeiten gering.

Die Schiffseisenbahn ist am leichtesten in die Trasse einzuziehen. Die Drehscheibe gestattet nicht nur eine ganz beliebige Richtung der Abfahrt in die obere Haltung, sie ermöglicht auch den Anschluß mehrerer Kanäle von ganz verschiedener Richtung an das Hebwerk. Die Neigung der Bahn kann ebenso gut 1:10 wie 1:30 sein.

Die Veränderlichkeit des Wasserstandes spielt keine Rolle, da verschieden tiefes Eintauchen möglich ist.

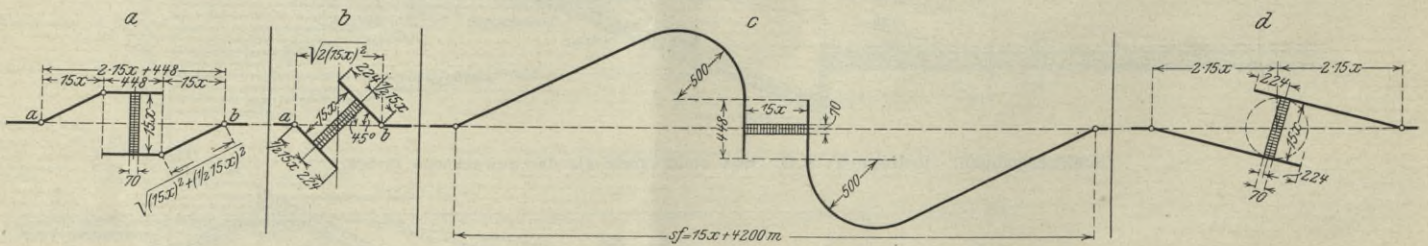
Bei keinem Hebwerk ist die Dichtung der oberen Haltung auch ohne besondere Vorkehrungen so gesichert wie bei der Schiffseisenbahn.

Eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit bedingt nicht wie bei den andern Hebwerken ohne weiteres die Zweifähigkeit. Ein zweiter Anschluß der oberen Haltung an die Drehscheibe und ein zweiter Schiffswagen können die Leistungsfähigkeit beinahe verdoppeln.

Fig. 35.

Längenentwicklung der quergeneigten Trogbahn im Vergleich zur Länge der geraden Kanalstrecke.

Neigung 1:15.



	a	b	c	d
Länge des Fahrweges	$s = 2 \cdot \sqrt{(15x)^2 + (\frac{1}{2} 15x)^2} + 15x + 448$	$s = 2 \cdot 15x$	$s = 15x + 5500$	$15x + 2 \sqrt{(2 \cdot 15x)^2 - (\frac{1}{2} 15x)^2}$
Länge der Kanalachse	$sf = 2 \cdot 15x + 448$	$sf = \sqrt{2} (15x)^2$	$sf = 15x + 4200$	$4 \cdot 15x$
Vergleichswerte	$s - sf$	$s - sf$	$s - sf$	$s - sf$
Hubhöhe 10	185	88	1300	131
» 20	370	175	1300	262
» 30	556	263	1300	393
» 40	742	351	1300	524
» 50	928	440	1300	654
» 60	1112	528	1300	785
» 70	1302	616	1300	916
» 80	1481	703	1300	1047
» 90	1668	791	1300	1178
» 100	1854	879	1300	1308
		bei Hubhöhe $x \leq 150$ m am günstigsten	bei Hubhöhe $x \leq 150$ m am günstigsten	

Die Ermittlung der Werte in Zahlentafel 4 ist an folgende Voraussetzungen geknüpft:

- 1) Alle Erdarbeiten sind ohne Wasserhaltung möglich;
- 2) die Böschung setzt sich seitlich vom Bauwerk mit 1:1, seitlich vom Kanal und Hafen mit 1:1½ fort;
- 3) der Grunderwerb erstreckt sich auf jeder Seite des Bauwerkes, Hafens, Kanals 10 m über die äußersten Böschungskanten hinaus.

Schleusentreppe.

Die Sohle sämtlicher Sparbecken liegt in gewachsenem Boden.

Seitlich vom Bauwerk ist je 1,0 m über dem Wasserspiegel des entsprechenden Seitenbeckens ein 5,0 m breiter, seitlich vom Kanal ein 3,0 m breiter Weg vorgesehen.

Das Bauwerk besteht aus:

- 1 unteren Vorhafen
 - 5 Schleusen
 - 4 Zwischenhaltungen
 - 1 oberen Vorhafen
- } vergl. Lageplan Fig. 30
S. 7.

Kosten: Einheitpreis für den Grunderwerb . . . 0,5 M/qm
Einheitpreis für die Erdarbeiten . . . 1,0 M/cbm.

Vertikalhebwerke.

Bei den Aufzügen ist außerhalb der Fundamente der Führungsgerüste ein 3 m breiter Fußweg vorgesehen; bei der Schachtschleuse wird der Böschungseinschnitt nach Vollendung des Bauwerkes wieder ausgefüllt. Seitlich vom Kanal bzw. Hafen läuft 1 m über Wasserspiegel ein 3,0 m breiter Fußweg.

Das Bauwerk besteht aus:

- 1 unteren Vorhafen
 - 1 Schleuse bzw. Aufzug (Aufzug mit Kolben doppeljährig)
 - 1 Brückenkanal, wovon die letzten 30 Meter zum oberen Vorhafen gerechnet sind
 - 1 oberen Vorhafen
- } vergl. Lageplan Fig. 31
S. 7.

Kosten:
Grunderwerb 0,5 M/qm
Erdarbeiten 1,0 M/cbm
Aushub der Schwimmer- und Kolbenschächte 10,0 »

Brückenkanal (Verlängerung über 30 m) (näheres im folgenden Abschnitt Anlagekosten):

Schachtschleuse } 3070 M/m
Aufzug mit Schwimmern }
» » Kolben 4520 »

Katzenbahn:

Schachtschleuse } 45 M/m
Aufzug mit Schwimmern }
» » Kolben 90 »
Dichtung mit Tonschlag 4,0 M/cbm.

Die Dichtung mit Tonschlag von 0,7 m Mächtigkeit erstreckt sich über die ganze Oberfläche des Kanalbettes im Aufzugstück. Sie reicht, um die Bildung von Längsadern zu verhindern, von der Wasserkante an der Geländeböschung 100 m in den Abtrag hinein, um dort rechtwinklig abbiegend noch 4 m tief in den gewachsenen Boden einzudringen. Damit die Leitwerkpfähle die Dichtung nicht gefährden, ist unter dem Leitwerk eine besondere 2 m breite und 2,7 m tiefe Lehmschicht vorgesehen.

Der Brückenkanal endigt da, wo die Kanalsohle 4,0 m über dem gewachsenen Boden liegt.

Geneigte Ebenen.

Das Bauwerk besteht aus:

- unterem Vorhafen
 - Bahn
 - oberem Vorhafen
- } vergl. Lagepläne,
Fig. 32 und 33 S. 11.

Kosten:
Grunderwerb 0,5 M/qm
Erdarbeiten 1,0 M/cbm.

Was die Dichtung anbetrifft, so gilt das bei den Vertikalhebwerken Gesagte auch für die beiden Trogbahnen.

Zahlentafel 4.

Überwindung eines Gefalles von 30 m bei verschiedenen Geländeneigungen

Nebkosten - wirkliche Kosten abzüglich derjenigen des separaten Kanalnetzes

Gelandeneigung tga =	Gelandeneigung tga =		Anzahl der Aufzüge	Wirkliche Kosten		
	Grund-erwerb	Erdbauarbeiten		Grund-erwerb	Erdbauarbeiten	Überschlag für Vertikalhebwerke
1/7	1398700	2665	139	138 500	2 127 500	53 000
1/10	1283700	2665	139	138 500	2 127 500	53 000
1/15	1174600	2665	139	138 500	2 127 500	53 000
1/20	1092400	2665	139	138 500	2 127 500	53 000
1/25	1040900	2665	139	138 500	2 127 500	53 000
1/30	1007100	2665	139	138 500	2 127 500	53 000
1/22,5	1069700	2665	139	138 500	2 127 500	53 000

Seitlich von der Bahn laufen Fahrwege, deren einer von der Revisionsbahn benutzt wird. Sie liegen, wenn Gelände- und Bahnneigung gleich sind, auf der Höhe des Geländes, damit die Erdarbeiten möglichst gering werden. Diese Höhenverhältnisse bleiben auch dann erhalten, wenn die Schienenoberkante tiefer unter dem Gelände liegt, als dies in den Bedingungen für die Längenprofile ausgesprochen ist.

Die Breite der Fahrwege richtet sich nach der Auskrugung von Trog- bzw. Schiffswagen und beträgt bei der quergeneigten Trogbahn 2,65 m
längsgeneigten » 1,30 »
Schiffseisenbahn 1,20 »

Ergebnisse der zeichnerischen Darstellung
(vergl. Zahlentafel 4).

Die zu Eingang dieses Abschnittes ausgesprochene Behauptung, daß es grundsätzlich unrichtig sei, für eine und dieselbe Trasse verschiedene Hebewerkarten zu vergleichen, findet ihre Bestätigung.

Die Vertikalhebwerke werden bei flachem Gelände durch die Verlängerung des Brückenkanales wesentlich verteuert, bei $\text{tg } \alpha = \frac{1}{72,5}$ schon um mehr als $1\frac{1}{2}$ Million \mathcal{M} .

Die quergeneigte Trogbahn wird bei flachem Gelände durch die Zufahrten und Vorfahren äußerst ungünstig beeinflusst; die unteren liegen tief im Einschnitt die oberen verlangen eine umfangreiche, teure Dichtung.

Die Längenentwicklung ist eben nicht allein maßgebend für die Lagerung des Hebewerkes; diese muß im Zusammenhang mit dem Längsprofil gewählt werden. Je flacher das Gelände, desto mehr müssen sich die Zufahrten der Richtung der Kanalachse anschmiegen.

Die Schiffseisenbahn würde bei allen Geländeneigungen die geringsten Kosten verlangen, wenn die Bahnneigung dem Gelände entsprechend gewählt würde.

V) Anlagekosten.

(vergl. Zahlentafeln 5 bis 10)

Die meisten Aufzeichnungen und Berechnungen, die zur Erlangung der Ergebnisse notwendig waren, sind hier weggelassen, um an Platz zu sparen, und weil sie keine grundlegende Bedeutung haben.

Die Geländeneigungen

sind so gewählt, daß die Anlagekosten möglichst klein werden. (Näheres im vorhergegangenen Abschnitt.)

	Hubhöhe	Geländeneigung
Schleusentreppe	} 5,00 5,45 6,00 6,66 7,50 8,57	1 : 87,0
		1 : 79,8
		1 : 72,5
		1 : 66,2
		1 : 58,0
Schachtschleuse	} 10,0 20,0	1 : 25,0
		1 : 12,5
Aufzug { mit Schwimmern	} 30,0 40,0	1 : 8,0
		1 : 6,25
quer geneigte Trogbahn für alle Hubhöhen .		1 : 15,0
längs » » » » »		1 : 25,0
Schiffseisenbahn » » » » »		1 : 20,0

VI) Jahres- und Frachtkosten.

(vergl. Zahlentafeln 11 und 12)

1) Verzinsung und Tilgung.

Es bezeichne:

K das Kapital (Mehrkosten)

J die Jahresleistung, bestehend aus Verzinsung und

p den Zinsfuß [Kapitalbetrag

$$v = 1 + \frac{p}{100}$$

n die Tilgungsfrist in Jahren;

dann ist

$$J = K \frac{v^n (v-1)}{v^n - 1}$$

	Tilgungsfrist in Jahren	Leistungskoeffizient $\frac{v^n (v-1)}{v^n - 1}$
Vorarbeiten	100	0,040808
Grunderwerb	100	0,040808
Erdarbeiten	100	0,040808
Mauerwerk	100	0,040808
Eisen- und Holzkonstruktionen	40	0,050523
Maschinen, Kraftübertragung, Fernsprecheinrichtungen u. dergl.:		
maschinelle Einrichtungen	30 } 20	0,07331
elektrische »	10	

Wie bei solchen Anlagen üblich, möge auch hier mit einem Zinsfuß von $p = 4$ vH gerechnet werden.

Die Tilgung soll in 100 Jahren vollzogen sein, auch für die Vorarbeiten und den Grunderwerb.

2) Unterhaltungskosten

bei 24stündigem Betrieb und 270 Betriebstagen.

Die Unterhaltungskosten bestehen bei den Erdarbeiten in der Hauptsache aus Ufer- und Böschungsbefestigungen; beim Mauerwerk in der Erneuerung des Verputzes; bei den Eisenkonstruktionen in einem sich etwa alle 3 bis 4 Jahre wiederholenden Anstrich; bei den Maschinen in der Erneuerung der elektrischen Einrichtung, wie Lampen, Sicherungen, Kontakte u. dergl.

	jährliche Unterhaltungskosten vH
Vorarbeiten	—
Grunderwerb	—
Erdarbeiten	0,25
Mauerwerk	0,50
Eisen- und Holzkonstruktionen	1,00
Maschinen u. dergl.	1,50

3) Stromverbrauch,

Schmier- und Putzmaterial.

Die KW-Stunde koste 0,025 \mathcal{M} . Für Schmier- und Putzmaterial und sonstige Verbrauchsgegenstände möge ein Betrag von 0,001 KW-st eingesetzt werden.

Die Jahreskosten betragen, wenn n die Anzahl KW bedeutet und 270 Betriebstage zu 24 st gerechnet werden,
 $n \cdot 24 \cdot 270 \cdot 0,026$.

Die Kosten des unterbrochenen Stromverbrauches sind getrennt von denen der Wasserförderung.

4) Bedienung und Aufsicht

bei 24stündigem Betrieb.

(s. die Zahlentafel auf S. 2016)

Mit Ausnahme der obersten sind alle Stellen eines Einzelhebwerkes doppelt besetzt. In die Gehälter sind die Wohnungszuschüsse eingerechnet. Da bei den Anlagekosten, als für den Vergleich nicht erforderlich, keine Summe für Wohnhäuser ausgesetzt ist, sind die Gehälter so hoch bemessen, daß die Abzüge für freie Wohnung und Licht eine Verzinsung und Abschreibung ermöglichen.

Sämtliche Hebewerke sind so vollkommen eingerichtet, daß für das Einzelhebewerk ein einziger Mann, der Schalterwärter, genügen würde. Für diesen ist jedoch ein Ersatzmann, der Schlosser, vorgesehen, der mit einem Arbeiter die Maschineneinrichtungen zu unterhalten hat. Die Aufsicht über das Einzelhebewerk übt je ein Schleusenmeister oder Werkführer aus. Dem Oberbauwart ist die Beaufsichtigung des ganzen Hebewerkes, auch wenn es aus mehreren Stufen besteht, übertragen.

	Anzahl der Einzelhebewerke	Aufsicht		Bedienung		Anzahl der Einzelhebewerke	Aufsicht		Bedienung		
		Oberbauwart	Schleusenmeister bzw. Werkführer	Schaltwärter, Maschinist	Schlosser, Hilfsmaschinist, Schleusenknicht, Arbeiter		Oberbauwart	Schleusenmeister bzw. Werkführer	Schaltwärter, Maschinist	Schlosser, Hilfsmaschinist, Schleusenknicht, Arbeiter	
											Gehalt 3000 M
Schleusentreppe, bestehend aus einfachen Kammerschleusen	1	1	1	2	4	1	1	1	2	12	
Die Bedienungsmannschaft einer Schleuse besteht aus	2	1	2	4	8	2	1	2	4	24	
	3	1	3	6	12	3	1	3	6	36	
	4	1	4	8	16	4	1	4	8	48	
	5	1	5	10	20	5	1	5	10	60	
	6	1	6	12	24	6	1	6	12	72	
	7	1	7	14	28						
	8	1	8	16	32						
	9	1	9	18	36						
	10	1	10	20	40						
	11	1	11	22	44						
	12	1	12	24	48						
	15	1	15	30	60						
	Schachtschleuse	1	1	1	2	4	1	1	1	2	4
	1 Werkführer	2	1	2	4	8	2	1	2	4	8
	1 Schaltwärter	3	1	3	6	12	3	1	3	6	12
2 Schlosser	4	1	4	8	16	4	1	4	8	16	
2 Schleusenknichte	5	1	5	10	20	5	1	5	10	20	
6	1	6	12	24	24	6	1	6	12	24	
Aufzug { mit Schwimmern mit Kolben	1	1	1	2	4	1	1	2	—	4	
2	2	1	2	4	8	2	1	4	—	8	
1 Werkführer	3	1	3	6	12	3	1	6	—	12	
1 Schaltwärter	4	1	4	8	16	4	1	8	—	16	
2 Schlosser	5	1	5	10	20	5	1	10	—	20	
2 Arbeiter	6	1	6	12	24	6	1	12	—	24	
quer geneigte Trogbahn	1	1	1	2	4	1	1	1	2	4	
1 Werkführer	2	1	2	4	8	2	1	2	4	8	
1 Schaltwärter } am Wagen	3	1	3	6	12	3	1	3	6	12	
1 Hilfsmaschinist }	4	1	4	8	16	4	1	4	8	16	
1 Schlosser zur Revision der Bahn [enden]	5	1	5	10	20	5	1	5	10	20	
4 Arbeiter (für je 2 Haltungs-)	6	1	6	12	24	6	1	6	12	24	
längs geneigte Trogbahn	1	1	1	2	4	1	1	1	2	4	
1 Werkführer	2	1	2	4	8	2	1	2	4	8	
1 Schaltwärter } am Wagen	3	1	3	6	12	3	1	3	6	12	
1 Hilfsmaschinist }	4	1	4	8	16	4	1	4	8	16	
1 Schlosser zur Revision der [Bahn]	5	1	5	10	20	5	1	5	10	20	
2 Arbeiter	6	1	6	12	24	6	1	6	12	24	
Schiffseisenbahn											
Die zweckmäßige Ausführung der Fahrbahn gestattet den Wegfall des Bahnrevisionschlossers und das Fehlen von Kanalabschlüssen, Toren, Pumpen u. dergl. sowie die Vereinigung des Werkführers und des Schaltwärters in einer Person. Sonst wie bei der längs geneigten Trogbahn.	1	1	2	—	4	2	1	4	—	8	
	3	1	6	—	12	3	1	6	—	12	
	4	1	8	—	16	4	1	8	—	16	
	5	1	10	—	20	5	1	10	—	20	
	6	1	12	—	24	6	1	12	—	24	

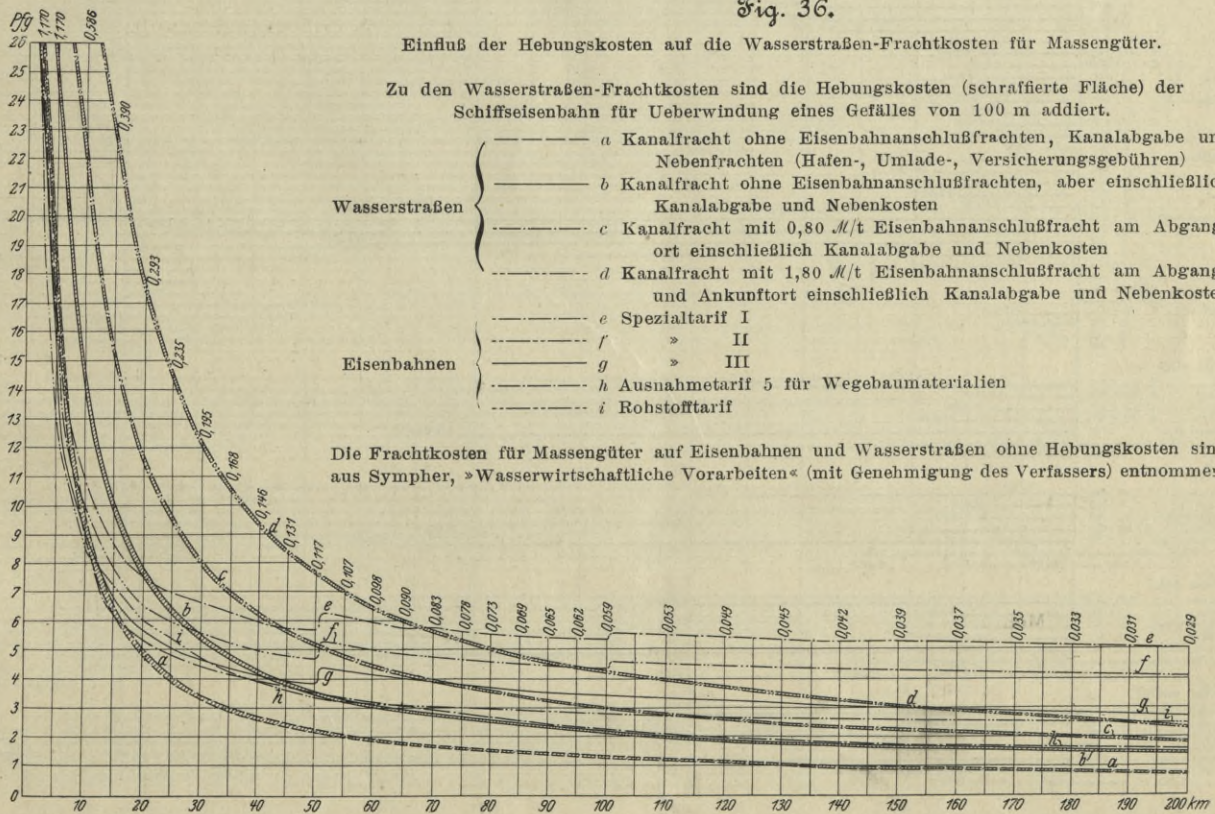
Fig. 36.

Einfluß der Hebungskosten auf die Wasserstraßen-Frachtkosten für Massengüter.

Zu den Wasserstraßen-Frachtkosten sind die Hebungskosten (schraffierte Fläche) der Schiffseisenbahn für Ueberwindung eines Gefälles von 100 m addiert.

- Wasserstraßen {
 - a Kanalfracht ohne Eisenbahnanschlußfrachten, Kanalabgabe und Nebenfrachten (Hafen-, Umlade-, Versicherungsgebühren)
 - b Kanalfracht ohne Eisenbahnanschlußfrachten, aber einschließlich Kanalabgabe und Nebenkosten
 - c Kanalfracht mit 0,80 M/t Eisenbahnanschlußfracht am Abgangsort einschließlich Kanalabgabe und Nebenkosten
 - d Kanalfracht mit 1,80 M/t Eisenbahnanschlußfracht am Abgang- und Ankunftort einschließlich Kanalabgabe und Nebenkosten
- Eisenbahnen {
 - e Spezialtarif I
 - f » II
 - g » III
 - h Ausnahmetarif 5 für Wegebbaumaterialien
 - i Rohstofftarif

Die Frachtkosten für Massengüter auf Eisenbahnen und Wasserstraßen ohne Hebungskosten sind aus Sympher, »Wasserwirtschaftliche Vorarbeiten« (mit Genehmigung des Verfassers) entnommen.



Zahlentafel 6.

Mehrkosten der Erdarbeiten

Kosten der Erdarbeiten des Leberwerkes, abzüglich derjenigen der exportierten Kanalstrecke bestimmt bei der für das betreffende Leberwerk günstigsten Geländeneigung.

Reelle Kosten der Erdarbeiten

	0	100000	2	3	4	500000	6	7	8	9	1000000	11	1200000 Mark	
Hammererschleuse	5.00	124.100												208.700
Lebachtsschleuse	4.45	133.900												218.500
Aufzug mit Schwimmern	6.00	139.600												224.300
Fragschleuse quer geneigt	6.66	152.300												232.500
Fragschleuse längs geneigt	7.42	169.000												253.600
Schiffsisenbahn	8.27	191.100												275.700
Subhöhe = 10														
Hammererschleuse	2.5	175.900												300.300
Lebachtsschleuse	1.10	122.800												207.000
Aufzug mit Schwimmern	1.10	222.300												306.600
Fragschleuse quer geneigt	1.10	162.400												228.900
Fragschleuse längs geneigt	1.10	102.300												150.300
Schiffsisenbahn	1.10	118.700												168.400
Subhöhe = 20														
Hammererschleuse	3.66					304.800								469.000
Lebachtsschleuse	1.20					164.100								249.500
Aufzug mit Schwimmern	1.20					299.500								389.000
Fragschleuse quer geneigt	1.20					216.400								275.300
Fragschleuse längs geneigt	1.20					85.400								115.300
Schiffsisenbahn	1.20					105.400								155.400
Subhöhe = 30														
Hammererschleuse	6.5					323.100								662.700
Lebachtsschleuse	5.6					402.100								648.200
Aufzug mit Schwimmern	4.75					434.800								638.500
Fragschleuse quer geneigt	3.10					218.100								321.400
Fragschleuse längs geneigt	2.40					116.800								160.700
Schiffsisenbahn	1.30					227.800								310.300
Aufzug mit Schwimmern	2.0					572.100								680.300
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								574.600
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								370.600
Schiffsisenbahn	1.30					226.200								312.400
Aufzug mit Halben	1.30					393.500								472.900
Fragschleuse quer geneigt	3.10					224.300								318.500
Fragschleuse längs geneigt	2.0					316.000								

Zahlentafel 8.

Kosten der Eisen- u. Holzkonstruktionen

Die Nebkosten sind gleich den absoluten Kosten

	1	2	3	4	5	6	700000 Mark
Subhöhe = 5,00							
Kammerschleuse	5,00	36,200					
Schachtchleuse	5,00	37,800					
Aufzug mit Schimmern	5,00	99,800					
- Kolben	5,00	104,800					
Tragbalken querschnitt	5,00	106,800					
Tragbalken längs geneigt	5,00	110,800					
Schiffseisenbalken	5,00						
Subhöhe = 10							
Kammerschleuse	10,00	102,600					
Schachtchleuse	10,00	107,000					
Aufzug mit Schimmern	10,00		119,800				
- Kolben	10,00		142,800				
Tragbalken querschnitt	10,00		171,000				
Tragbalken längs geneigt	10,00	445,800					
Schiffseisenbalken	10,00		687,500				
Subhöhe = 20							
Kammerschleuse	20,00	213,600					
Schachtchleuse	20,00	107,200					
Aufzug mit Schimmern	20,00		142,600				
- Kolben	20,00		176,600				
Tragbalken querschnitt	20,00		232,700				
Tragbalken längs geneigt	20,00	570,200					
Schiffseisenbalken	20,00		765,100				
Subhöhe = 30							
Kammerschleuse	30,00	557,800					
Schachtchleuse	30,00	432,900					
Aufzug mit Schimmern	30,00		487,100				
- Kolben	30,00		887,300				
Tragbalken querschnitt	30,00		1,032,000				
Tragbalken längs geneigt	30,00	1,202,000					
Schiffseisenbalken	30,00		1,432,600				
Subhöhe = 40							
Kammerschleuse	40,00	821,000					
Schachtchleuse	40,00	603,000					
Aufzug mit Schimmern	40,00		682,200				
- Kolben	40,00		1,162,800				
Tragbalken querschnitt	40,00		1,328,400				
Tragbalken längs geneigt	40,00	1,618,000					
Schiffseisenbalken	40,00		1,932,600				
Subhöhe = 50							
Kammerschleuse	50,00	1,152,700					
Schachtchleuse	50,00	874,300					
Aufzug mit Schimmern	50,00		991,500				
- Kolben	50,00		1,472,100				
Tragbalken querschnitt	50,00		1,647,500				
Tragbalken längs geneigt	50,00	1,957,000					
Schiffseisenbalken	50,00		2,495,300				
Subhöhe = 60							
Kammerschleuse	60,00	1,475,700					
Schachtchleuse	60,00	1,106,900					
Aufzug mit Schimmern	60,00		1,244,900				
- Kolben	60,00		1,725,500				
Tragbalken querschnitt	60,00		1,950,900				
Tragbalken längs geneigt	60,00	2,260,400					
Schiffseisenbalken	60,00		2,795,300				
Subhöhe = 70							
Kammerschleuse	70,00	1,798,700					
Schachtchleuse	70,00	1,382,900					
Aufzug mit Schimmern	70,00		1,520,900				
- Kolben	70,00		2,001,500				
Tragbalken querschnitt	70,00		2,207,900				
Tragbalken längs geneigt	70,00	2,517,400					
Schiffseisenbalken	70,00		3,052,300				
Subhöhe = 80							
Kammerschleuse	80,00	2,121,700					
Schachtchleuse	80,00	1,565,900					
Aufzug mit Schimmern	80,00		1,703,900				
- Kolben	80,00		2,184,500				
Tragbalken querschnitt	80,00		2,390,900				
Tragbalken längs geneigt	80,00	2,700,400					
Schiffseisenbalken	80,00		3,235,300				
Subhöhe = 90							
Kammerschleuse	90,00	2,444,700					
Schachtchleuse	90,00	1,750,900					
Aufzug mit Schimmern	90,00		1,887,900				
- Kolben	90,00		2,368,500				
Tragbalken querschnitt	90,00		2,574,900				
Tragbalken längs geneigt	90,00	2,884,400					
Schiffseisenbalken	90,00		3,419,300				
Subhöhe = 100							
Kammerschleuse	100,00	2,767,700					
Schachtchleuse	100,00	1,935,900					
Aufzug mit Schimmern	100,00		2,072,900				
- Kolben	100,00		2,553,500				
Tragbalken querschnitt	100,00		2,759,900				
Tragbalken längs geneigt	100,00	3,069,400					
Schiffseisenbalken	100,00		3,604,300				

Aufzüge: Führungsgerüst 410 Ttk/t
(nach Barkort Dinslaken)

Tragbalken: Schiene nach "Universell" 130 kg/qd.m

"Solche Profile werden unseres Wissens von keinem Werke des In- u. Auslandes hergestellt u. das Quantum ist bei weitem zu gering, um etwa die Beschaffungskosten der hierzu nötigen Einrichtungen ins Auge zu fassen."
(Stahlwerkverband Düsseldorf)

Es ist ein mittlerer Einheitspreis von 30 Pf./kg. eingesetzt

Zahlentafel 9.

Kosten der Maschinenkraftübertragung, Beleuchtung u. dergl.

Die Nebkosten sind gleich den absoluten Kosten

400000 Mark

Subhöhe	1	2	3	400000 Mark
Subhöhe = 10				
Kammerschleuse 2.00	99 200			
Schachtschleuse 2.40	102 500			
Aufzug mit Schwimmern 1.10	108 700			
- Rollen 1.10	102 300			
Tragbahn quergeneigt 1.10	108 700			
längsgeneigt 1.10	102 300			
Schiffseisenbahn 1.10	112 400			
Subhöhe = 20				
Kammerschleuse 3.60	192 500			
Schachtschleuse 1.10	512 500			
Aufzug mit Schwimmern 1.20	432 000			
- Rollen 1.20	310 800			
Tragbahn quergeneigt 1.20	732 900			
längsgeneigt 1.20	481 500			
Schiffseisenbahn 1.20	540 300			
Subhöhe = 30				
Kammerschleuse 6.5	595 400			
Schachtschleuse 5.6	522 400			
Aufzug mit Schwimmern 4.7,6	422 900			
- Rollen 3.10	1 540 400			
Tragbahn quergeneigt 20+10	1 285 900			
längsgeneigt 1.30	1 031 300			
Schiffseisenbahn 3.10	1 025 800			
Subhöhe = 40				
Kammerschleuse 12.5	521 100			
Schachtschleuse 1.40	1 295 400			
Aufzug mit Schwimmern 2.20	864 100			
- Rollen 2.90	1 081 600			
Tragbahn quergeneigt 1.40	882 800			
längsgeneigt 1.40	820 300			
Schiffseisenbahn 1.40	876 100			
Subhöhe = 50				
Kammerschleuse 12.5	616 000			
Schachtschleuse 2.5	1 802 500			
Aufzug mit Schwimmern 30+20	952 200			
- Rollen 30+20	2 001 600			
Tragbahn quergeneigt 1.50	870 100			
längsgeneigt 1.50	635 100			
Schiffseisenbahn 1.50	588 100			
Subhöhe = 60				
Kammerschleuse 12.5	1 190 800			
Schachtschleuse 11.545	1 127 900			
Aufzug mit Schwimmern 10.6	1 056 800			
- Rollen 9.666	949 700			
Tragbahn quergeneigt 8.7,5	845 300			
längsgeneigt 7.887	786 100			
Schiffseisenbahn 6.10	3 030 800			
Subhöhe = 70				
Kammerschleuse 4.10+20	2 225 200			
Schachtschleuse 2.10+20	2 317 200			
Aufzug mit Schwimmern 3.20	2 082 300			
- Rollen 2.30	2 051 600			
Tragbahn quergeneigt 6.10	1 799 800			
längsgeneigt 4.10+20	1 547 900			
Schiffseisenbahn 3.20	1 296 100			
Subhöhe = 80				
Kammerschleuse 4.10+20	3 227 200			
Schachtschleuse 2.10+20	3 242 200			
Aufzug mit Schwimmern 4.10+20	2 181 500			
- Rollen 2.30	2 732 400			
Tragbahn quergeneigt 2.10+20	2 282 200			
längsgeneigt 2.30	1 684 500			
Schiffseisenbahn 2.10+20	1 954 100			
Subhöhe = 90				
Kammerschleuse 12.5	1 418 200			
Schachtschleuse 1.40+20	2 286 600			
Aufzug mit Schwimmern 2.20+20	1 285 200			
- Rollen 2.20+20	2 212 400			
Tragbahn quergeneigt 1.70	894 900			
längsgeneigt 1.70	552 300			
Schiffseisenbahn 1.70	612 000			
Subhöhe = 100				
Kammerschleuse 15.666	1 585 300			
Schachtschleuse 2.30	2 092 500			
Aufzug mit Schwimmern 3.20	1 503 400			
- Rollen 2.30	3 272 200			
Tragbahn quergeneigt 1.80	909 600			
längsgeneigt 1.80	574 400			
Schiffseisenbahn 1.80	626 000			

Schachtschleuse: Die grossen Kosten rühren von den Zylinderventilen her, deren 8 in einem Stockwerk liegen u. von denen jedes mit 600 Mk veranschlagt ist.

Aufzüge: Schraubenspindeln aus Martin-Eyestahl 6 Mk/kg

Bahnen: Jedes Rad kostet mit Kugellagern u. Federn ca 1300 Mk.

Zahlentafel 10.

Gesamt - Anlage - Mehrkosten

Gesamtanlagekosten abzüglich derjenigen der erparnten Kanalstricke

		15 000 000 Mark			Mögliche Gesamtanlage- kosten
		5	10		
Subhöhe = 10					
Tammerschleuse	5.65	835 000			748 000
Schachtchleuse	5.45	682 000			795 000
Aufzug mit Schwimmanker	6.00	720 000			833 000
- Rollen	6.60	795 000			908 000
Fragbalken quergerichtet	7.40	874 000			988 000
- längsgerichtet	8.47	935 000			1 108 000
Schiffsenbalken					
Subhöhe = 20					
Tammerschleuse	2.5	1 177 000			1 343 000
Schachtchleuse	1.10	2 682 000			3 773 000
Aufzug mit Schwimmanker	1.10	2 119 000			3 232 000
- Rollen	1.10	2 889 000			3 908 000
Fragbalken quergerichtet	1.10	2 569 000			3 672 000
- längsgerichtet	1.10	1 875 000			3 419 000
Schiffsenbalken	1.10	1 823 000			3 706 000
Subhöhe = 30					
Tammerschleuse	3.60	2 181 000			2 400 000
Schachtchleuse	1.20	4 067 000			4 180 000
Aufzug mit Schwimmanker	1.20	3 624 000			3 737 000
- Rollen	1.20	3 503 000			3 616 000
Fragbalken quergerichtet	1.20	3 069 000			3 216 000
- längsgerichtet	1.20	1 459 000			1 633 000
Schiffsenbalken	1.20	1 646 000			1 871 000
Subhöhe = 40					
Tammerschleuse	6.5	3 282 000			3 672 000
Schachtchleuse	5.6	3 189 000			3 616 000
Aufzug mit Schwimmanker	4.75	3 164 000			3 437 000
- Rollen	3.10	7 651 000			7 862 000
Aufzug mit Rollen	20+10	6 562 000			6 734 000
- Rollen	1.30	5 528 000			5 635 000
Fragbalken quergerichtet	3.10	6 086 000			6 306 000
- längsgerichtet	20+10	4 605 000			4 777 000
Schiffsenbalken	1.30	3 176 000			3 289 000
- Rollen	20+10	8 243 000			8 478 000
Fragbalken quergerichtet	1.30	4 162 000			4 281 000
- längsgerichtet	20+10	5 456 000			5 576 000
Schiffsenbalken	1.30	3 566 000			3 787 000
- Rollen	20+10	3 607 000			3 818 000
Fragbalken quergerichtet	20+10	2 629 000			2 837 000
- längsgerichtet	1.30	1 641 000			1 846 000
Schiffsenbalken	3.10	4 319 000			4 727 000
- Rollen	20+10	3 040 000			3 362 000
Fragbalken quergerichtet	1.30	1 749 000			1 935 000
Subhöhe = 50					
Tammerschleuse	6.60	4 220 000			4 603 000
Schachtchleuse	1.40	7 021 000			7 424 000
Aufzug mit Schwimmanker	2.20	5 405 000			5 277 000
- Rollen	2.20	6 241 000			7 043 000
Fragbalken quergerichtet	1.40	4 069 000			4 356 000
- längsgerichtet	1.40	1 824 000			2 083 000
Schiffsenbalken	1.40	1 856 000			2 103 000
Subhöhe = 60					
Tammerschleuse	6.60+2.5	5 273 000			5 760 000
Schachtchleuse	30+20	9 388 000			9 560 000
Aufzug mit Schwimmanker	30+20	5 856 000			5 828 000
- Rollen	30+20	7 510 000			7 682 000
Fragbalken quergerichtet	1.50	4 255 000			4 326 000
- längsgerichtet	1.50	2 004 000			2 271 000
Schiffsenbalken	1.50	1 964 000			2 235 000
Subhöhe = 70					
Tammerschleuse	12.5	6 487 000			7 157 000
Schachtchleuse	11.5+4.5	8 420 000			7 073 000
Aufzug mit Schwimmanker	10.6	6 516 000			6 809 000
- Rollen	9.66	6 230 000			6 789 000
Fragbalken quergerichtet	8.75	5 681 000			6 647 000
- längsgerichtet	7.857	6 283 000			6 655 000
Schiffsenbalken	4.10+2.20	15 109 000			15 486 000
- Rollen	2.10+2.20	11 019 000			11 343 000
Aufzug mit Rollen	3.20	12 065 000			12 297 000
- Rollen	2.30	10 821 000			11 005 000
Fragbalken quergerichtet	4.10+2.20	10 495 000			10 349 000
- längsgerichtet	2.30	3 237 000			3 203 000
Schiffsenbalken	2.30	8 193 000			7 831 000
- Rollen	4.10+2.20	16 540 000			16 917 000
Fragbalken quergerichtet	2.10+2.20	10 175 000			10 745 000
- längsgerichtet	2.30	8 156 000			8 328 000
Schiffsenbalken	2.10+2.20	10 805 000			11 246 000
- Rollen	2.30	6 954 000			6 327 000
Fragbalken quergerichtet	2.10+2.20	5 130 000			5 491 000
- längsgerichtet	2.30	2 550 000			2 576 000
Schiffsenbalken	2.10+2.20	4 147 000			4 600 000
- Rollen	2.30	3 180 000			3 830 000
Fragbalken quergerichtet	2.10+2.20	2 184 000			2 481 000
- längsgerichtet	2.30	5 903 000			6 403 000
Schiffsenbalken	2.30	4 634 000			5 185 000
- Rollen	1.60	3 289 000			3 753 000
Fragbalken quergerichtet	1.60	3 071 000			3 367 000
Subhöhe = 80					
Tammerschleuse	2.60+2.5	7 883 000			7 920 000
Schachtchleuse	1.40+2.0	12 563 000			12 524 000
Aufzug mit Schwimmanker	2.20+2.0	8 110 000			8 329 000
- Rollen	2.20+2.0	10 833 000			11 021 000
Fragbalken quergerichtet	1.70	5 826 000			5 630 000
- längsgerichtet	1.70	2 321 000			2 698 000
Schiffsenbalken	1.70	2 178 000			2 492 000
Subhöhe = 90					
Tammerschleuse	12.60	8 200 000			8 959 000
Schachtchleuse	2.40	13 854 000			14 020 000
Aufzug mit Schwimmanker	2.30+2.0	8 684 000			8 873 000
- Rollen	2.30+2.0	11 499 000			11 718 000
Fragbalken quergerichtet	1.80	6 019 000			6 027 000
- längsgerichtet	1.80	2 946 000			2 904 000
Schiffsenbalken	1.80	2 886 000			2 824 000
Subhöhe = 100					
Tammerschleuse	15.60	9 271 000			10 020 000
Schachtchleuse	3.30	16 165 000			16 283 000
Aufzug mit Schwimmanker	3.30	9 194 000			9 412 000
- Rollen	3.30	12 158 000			12 371 000
Fragbalken quergerichtet	1.90	6 810 000			7 172 000
- längsgerichtet	1.90	2 733 000			3 119 000
Schiffsenbalken	1.90	2 992 000			2 761 000
Subhöhe = 110					
Tammerschleuse	15.60	10 282 000			11 121 000
Schachtchleuse	2.30+2.0	17 868 000			17 837 000
Aufzug mit Schwimmanker	2.30+2.0	11 047 000			11 288 000
- Rollen	2.30+2.0	14 831 000			15 102 000
Fragbalken quergerichtet	1.100	6 998 000			7 733 000
- längsgerichtet	1.100	2 992 000			3 321 000
Schiffsenbalken	1.100	2 492 000			2 823 000

Zahlentafel 12.

Förder-Mehrkosten

eines Schiffes bei seiner Vinnwegförderung und bei Ausnutzung der Leistungsfähigkeit ohne Berücksichtigung der Klassifizierung

Main data table with columns for subheadings (e.g., Kammerackchleuse, Schachtackchleuse), numerical values, and descriptive text for various cost categories like 'Förderkosten der Kanalverwaltung' and 'Förderkosten der Schiffer'.

der Aufzug mit Rollen mit Doppelfähig

Schlußfolgerungen.

Das Ergebnis der Abhandlung liest man am besten aus den Plänen und zeichnerischen Darstellungen, der »Sprache des Ingenieurs«. Trotzdem sollen hier noch einige Bemerkungen gemacht werden.

Die zeichnerische Darstellung der Jahreskosten, Zahlentafel 11, zeigt, wohin das Streben der Ingenieure gehen muß. Nicht die Betriebskosten, sondern die Kosten für Verzinsung und Tilgung setzen die Bauwürdigkeit eines Hebewerkes herab. Die Anlagekosten müssen verringert werden, wenn ein Hebewerk den Wettkampf mit andern aufnehmen soll. Die Ansicht, daß eine einmalige Ausgabe gegenüber den Betriebskosten wenig bedeute, ist unkaufmännisch, auch wenn der Staat Bauherr ist. Kein Finanzminister wird so rechnen, er wird vielmehr bestrebt sein, dasjenige Hebewerk

Kurz vor Fertigstellung der vorstehenden Abhandlung erreichte ein Vortrag von Prof. Budau in der Versammlung der Fachgruppe der Bau- und Eisenbahn-Ingenieure Aufsehen. Im nachstehenden sind die Gründe zu finden, welche dazu geführt haben, dieses Mittel zur Ueberwindung des Gefälles in der Abhandlung wegzulassen.

Die Idee hat viel Verlockendes, ganz besonders für diejenigen Fachleute, welche die Schleuse für das beste Mittel zur Ueberwindung des Gefälles halten. Da nun bewiesen ist, daß Kammerschleusen wegen Unterteilung der Hubhöhe grundsätzlich ungeeignet sind (für größere Gefälle als 10 m), so könnte auch die Inertieschleuse gegen die andern Hebewerke nicht aufkommen, ganz abgesehen davon, daß die Ausführungen von Budau anfechtbar sind.

Ich habe mit Hrn. Dipl.-Ing. Roemelt alle Zahlen nachgerechnet und dabei folgendes gefunden: Der Gang der Untersuchung ist alles in allem richtig. Die Zeit der Schleusung stimmt nach den von uns aufgestellten Formeln mit der von Budau ermittelten überein. Ebenso ist die Senkungsgeschwindigkeit des Schiffes richtig angegeben.

Dagegen ist der Wasserverbrauch bzw. der Gesamtwirkungsgrad falsch ermittelt, weil Budau den mechanischen und hydraulischen Wirkungsgrad nur einmal in Rechnung setzt. Dieser muß aber nicht nur bei der Aufnahme der Energie durch das Schwungrad, sondern auch bei der Abgabe berücksichtigt werden.

Budau entwickelt folgendermaßen: Die an das Schwungrad abgegebene Energie ist

$$\frac{\gamma F H^2}{4} \eta,$$

wobei η den Wirkungsgrad des Kapselwerkes samt Zubehör bei der Aufnahme der Energie bedeutet. Budau setzt $\eta = 0,8$ und führt dann weiter aus, daß diese Energie das Wasser auf die Höhe

$$H - h'$$

bringe, wozu eine Arbeit von

$$\frac{(H - h')^2 \gamma F}{4}$$

nötig sei. Da die beiden Werte einander gleich sind, bekommt Budau

$$\frac{H - h'}{H} = \sqrt{\eta} = \sqrt{0,8} = 0,9.$$

Tatsächlich ist die vom Schwungrad aufgenommene Arbeit

$$\frac{\gamma F H^2 \eta}{4}$$

und die Arbeit, die es nutzbar abgeben kann, ist wegen der Ueberwindung neuer Widerstände

$$\left(\frac{\gamma F H^2 \eta}{4} \right) \eta',$$

zu finanzieren, welches ihm gestattet, die Abgaben niedrig zu halten, ohne den Fiskus zu schädigen.

Große Verzinsungs- und Tilgungskosten haften hauptsächlich den Vertikalhebwerken und insbesondere bei starken Gefällen den Kammer- und Schachtschleusen in so hohem Maße an, daß die letzteren bei Gefällen von 30 m nicht mehr in Betracht kommen können.

Fig. 36 zeigt schließlich, wie wenig die Frachtkosten bei schleusenfreien Kanälen durch die Hebungskosten erhöht werden. An der Anwendungsgrenze der Binnenschifffahrt in bezug auf Gefällüberwindung ist man heute sicher noch nicht angelangt. Bei Förderweiten von 100 km ist das Schiffshebewerk kaum mehr von Einfluß auf die Höhe der Frachtkosten. Zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit eignet sich am besten eine Nebeneinanderreihung von einfährigen, voneinander unabhängigen Hebewerken.

worin η' den Wirkungsgrad der Einrichtung bei der Abgabe der Energie bedeutet. Setzt man

$$\eta' = \eta = 0,8,$$

so ergibt sich

$$\frac{H - h'}{H} = \sqrt{\eta} = \eta = 0,8.$$

Außerdem verschlechtert sich der Wirkungsgrad infolge des Umstandes, daß es eine Druckhöhe gibt, von der die Ausflußgeschwindigkeit kleiner als die Flügelgeschwindigkeit der Pumpen wird. Die Druckhöhe ist in diesem Beispiel, in dem die mittlere Flügelgeschwindigkeit am Ende der Beschleunigung $v = 3,6$ m/sk gewählt ist

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{3,6^2}{2g} = 0,65 \text{ m}$$

und der Energieverlust infolge dieser verlassenen Höhe

$$\frac{600 \cdot \frac{0,65^2}{4} \cdot 1000}{12\,000\,000} = \frac{63,5}{12\,000} = \frac{63,5}{120} = 0,53 \text{ vH.}$$

Die übrigen Teilwerte des Energieverlustes stimmen mit unsrer Rechnung überein.

Hydraulischer Gesamtwirkungsgrad.

$$100 - 3,3 - 4,8 - 7,1 - 0,53 = 84,3 \text{ vH.}$$

Der mechanische Wirkungsgrad hat sich nach unsrer Berechnung insgesamt gleich dem von Budau errechneten, nämlich zu 95 vH, ergeben. Den Energieverlust infolge Lagerreibung ($^8/_{100}$ bei dem Kraftwerk, $^3/_{1000}$ bei den äußeren Lagern) haben wir kleiner, jedoch denjenigen infolge Luftreibung größer bekommen.

Vom maschinentechnischen Standpunkt aus betrachtet, ist zu bemängeln, daß man die Schwungräder von 6 m Dmr. auf der Eisenbahn nicht transportieren kann. Von einer Teilung kann bei 90 m/sk Umfanggeschwindigkeit nicht die Rede sein. Außerdem gibt es gar keine so großen Oefen, wie sie zum Ausglühen notwendig wären.

Bei kleinerem Durchmesser mußte noch ein Vorgelege ausgebaut werden, wodurch der Wirkungsgrad um 4 vH sinken würde.

Der Gesamtwirkungsgrad ergibt sich nun zu

$$84 - 5 - 4 = 75 \text{ vH,}$$

welchem eine 25 vH Wasserersparnis gegenüber Sparschleusen entspricht (40 vH bei Budau).

Vom bautechnischen Standpunkt aus betrachtet ist zu bemerken, daß die längsgeneigten Bahnen viel einfacher zu trassieren sind und die Haltungsenden viel geringere Erdarbeiten verlangen als die Schleusentreppe.

Die Anlagekosten der Inertieschleuse sind von Budau bzw. von Ganz & Co. entschieden zu niedrig berechnet worden.

S. 61

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

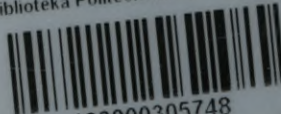


L. inw.

33105

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10,000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305748