

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFFAHRTS-CONGRESSE

X. CONGRESS-MAILAND-1905

I. Abteilung : Binnenschifffahrt
3. Frage

DIE SYSTEME
die zum Ausgleich der grossen Höhenunterschiede
ZWISCHEN DEN KANALHALTUNGEN GEEIGNET SIND

BERICHT

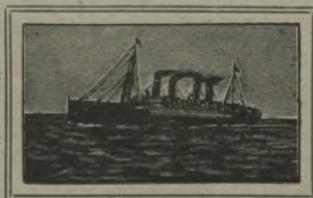
VON

A. SMRCEK

Ingenieur

v. v. Professor für Wasserbau an der k. k. böhmischen Technischen Hochschule in Brünn

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

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

—
1905



II - 349871

~~II 7276~~

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299429

Vergleich einzelner Schiffshebewerkstypen in Bezug auf deren Leistungsfähigkeit und deren Bedeutung für den österreichischen Donau- Oder Kanal.

BERICHT

VON

Antonin SMRČEK

Ingenieur

o. ö. Professor an der K. K. böhmischen technischen Hochschule in Brünn

Das Trassieren ausgedehnter, künstlichen Wasserstrassen gehört zu den schwierigsten, verantwortungsvollsten, jedoch auch interessantesten Aufgaben der Ingenieurbaukunst.

Für den Ingenieur ist von massgebender Bedeutung bei Festlegung der Kanaltrasse nicht nur die Konfigurazion des Geländes, welches der Kanal durchzuziehen hat, die örtlichen geologischen und meteorologischen Verhältnisse, sondern auch die nötige Rücksicht auf die Lebhaftigkeit und Art des Verkehres, *ob Transito allein, oder aber ob zugleich der Lokalverkehr und in welcher Verteilung auf einzelne Monate* der Schifffahrtperiode zu erwarten ist, sowie die Rücksicht auf die Möglichkeit einer ökonomischen *Wasserbeschaffung* für den Kanal und die *Art der Höhenüberwindung* auf demselben.

Soll eine in wirtschaftlicher Weise voll entsprechende Wasserstrasse geschaffen werden, welche niedrigere Transportkosten für Massengüter ermöglicht, als dies durch andere bekannte Verkehrsmittel, insbesondere Eisenbahnen, zu erreichen ist, *soll dieser Nutzen nicht nur den Endpunkten der Kanaltrasse, sondern auch dem von ihr durchzogenen Lande gleichmässig zustatten kommen*, so müssen gründliche *vergleichenden Studien* vorangehen, *einige Trassen-Alternativen ausgearbeitet und durchgerechnet werden*, bevor man auf Grund derselben, ohne späteren unangenehmen Ueberraschungen ausgesetzt zu werden, zum eigentlichen Bau schreitet.

Die *Frage der Höhenüberwindung* spielt beim Trassieren der Kanäle eine der wichtigsten Rollen insbesondere dann, wenn bedeutende Höhen zu erreichen oder aber hohe Wasserscheiden

chke 3684/51

zu überschreiten sind, wie dies bei einigen der zukünftigen österreichischen Kanäle der Fall ist. Es wird allerdings zumeist getrachtet, die Scheitelhaltung so tief als wirtschaftlich ausführbar zu legen, ohne in besonders berücksichtigungswürdigen Fällen vor grossen Einschnitten oder Tunnels zurückzuschrecken, wenn nur hierdurch die zu überwindende Höhe bedeutend vermindert, und die Wasserversorgung des Kanals erleichtert wird.

Nachdem bei künstlichen Wasserstrassen die Höhen nicht allmähig, sanft ansteigend, wie bei fliessenden Gewässern oder bei Eisenbahnen zu erklimmen sind, so muss der Kanal in einzelne, in verschiedenen Horizonten liegende Teilstrecken, Haltungen, aufgelöst werden.

Der Uebergang aus einer Kanalhaltung in die andere wird durch *Schiffshebwerke* vermittelt. Es liegt im Interesse der Schifffahrt, *die Anzahl der Hebewerke auf das geringste Mass einzuschrenken*, ohne jedoch durch diese künstlichen, aber unvermeidlichen Schifffahrtshindernisse den *Betrieb am Kanal und die Leistungsfähigkeit* desselben allzusehr zu beeinträchtigen und ohne die Fahrtdauer fühlbar zu verlängern. *Vom wirtschaftlichen Standpunkte* dürfen die Hebewerke die Kanal- Bau-, Betriebs- und -Erhaltungskosten nicht in zu grossem Masse erhöhen, die Kanaltrasse selbst darf sich infolge der getroffenen Wahl der Hebewerke nicht weit von den, zumeist im Tale ansässigen Industrieanlagen sowie von den bestehenden Ortschaften und Städten entfernen und zu einer Lehnen-trasse ausarten, nur zu dem Zwecke, um eine grosse Höhe an einer Stelle überwinden zu können!

Behufs Vermeidung von Schiffsanschoppungen an einzelnen Schiffshebwerken muss bei flottem Verkehr Vorsorge getroffen werden, dass *im Zuge eines Kanals die Leistungsfähigkeit sämtlicher Hebewerke annähernd gleich bleibt*. Ein einziges minder leistungsfähiges Hebewerk stört den gesamten Kanalbetrieb in empfindlichster Weise selbst dann, wenn es, mit doppeltem Personale besetzt, Tag- und Nacht arbeiten würde, die anderen Hebewerke aber nur die bei Berechnung der Leistungsfähigkeit üblichen durchschnittlich 15 Stunden pro Tag.

In Schifferkreisen würde mit Recht die Wahl eines Hebewerkes mit *Trockenförderung der Schiffe wenig Beifall* finden. Das Binnenschiff wird und muss mit Rücksicht auf dessen möglichst niedrigen Anschaffungskosten, sowie grösstmögliche Tragfähigkeit bei kleinstem Tiefgange recht leicht und einfach gebaut werden, weil es nicht nur den künstlichen Kanal mit stetiger

grossen Wassertiefe, sondern auch die nicht kanalisierten, öfters einen zu niedrigen Wasserstand aufweisenden Flüsse zu befahren hat. Bei Trockenförderung würde bei beladenen solchen Schiffen die wechselnde Beanspruchung der Seitenwände Undichtigkeiten des Fahrzeuges zur Folge haben, und die ungleichmässige Belastung des Schiffsbodens Leckstellen bei öfterer Benützung der Hebewerke hervorrufen. Nachdem aber nicht nur neue, sondern auch alte, gebrechliche Fahrzeuge den Kanal, beispielsweise im Lokalverkehr benützen werden — so muss sich jedes Schiffshebewerksystem dem berechtigten Rufe der Schiffer nach Nassförderung ihrer Fahrzeuge fügen, wenn die Binnenschifffahrt nicht empfindlich geschädigt werden soll !

Das gewählte Schiffshebewerksystem muss sich dem von der Kanaltrasse durchzogenen Terrain behufs Vermeidung grosser Erdarbeiten u. s. w., möglichst anschmiegen können, und darf das Hebewerk weder durch plötzlich eingetretene Fröste, noch durch Wind oder Platzregen leiden, sondern solange vollkommen betriebsfähig bleiben, wie die anliegende Kanalstrecke selbst.

Der Betrieb des Hebewerkes und seine Instandhaltung muss möglichst einfach, sicher und nicht zu kostspielig sein, die nötigen Reparaturen — insbesondere auch bei Unfällen, welche in der Praxis nie zu vermeiden sind — müssen leicht und rasch ausführbar sein, damit bei etwa notwendiger Ausserbetriebsetzung des Hebewerkes die gesammte Schifffahrt am Kanale nicht zu lange stocken bleibt.

Von den für grosse Schiffstypen erbauten Schiffshebewerken hat sich die gewöhnliche, allerdingst modernisierte *Kammerschleuse* unbestritten überall dorten vollkommen bewährt, wo die zur Speisung derselben benötigte, jedoch selbst bei Anwendung von Sparbecken bei starkem Verkehr und grossem Schleusengefälle recht bedeutende Wassermenge in wirtschaftlicher Weise beschafft werden kann.

Durch Entwicklung der Trasse und regelmässige Verteilung der Schleusen in solcher Weise, wie es der am Kanale herrschende Schiffsverkehr erfordert, können mit Leichtigkeit Höhen von 300 bis 400 m im Aufstieg und ebensoviel im Abstieg, wie beispielsweise im Projekte für den Donau-Moldau-Kanal nachgewiesen ist, allmählig, mit entsprechendem Anschmiegen an das Terrain, überwunden werden. Wo das Gefälle konzentriert und ein Umgehen nicht möglich ist, bietet *doppelte, gekuppelte Schleusentreppe* ein geeignetes Mittel zur Bewältigung eines grossen Verkehrs.

Bei Wassermangel kann der trassierende Ingenieur mit den für 15 bis 25 m Hub geeigneten, bewährten *lotrechten Plunger- und Schwimmer-Hebewerken* disponieren.

Es wäre jedoch infolge besonderer Beschaffenheit des Terrains öfters erwünscht, auch noch über andere Hebewerkstypen bei Verfassung eines Kanalprojektes verfügen zu können, und sind es insbesondere die *Schiffseisenbahnen*, für welche äusserst sinnreiche Projekte vorliegen, die jedoch bisher nur für kleine Schiffe angewendet wurden.

Inwieferne es statthaft erscheint, diese oder jene Hebewerkstype oder deren Kombination im Zuge eines Kanals für einen bestimmten Verkehr zu empfehlen, wird von Fall zu Fall erst auf Grund der sorgfältigsten Erhebungen beantwortet werden können, *bei denen nicht vielleicht nur eine beliebige kurze Kanalstrecke, eine Gefällsstufe desselben, sondern der Kanal als Ganzes in Erwägung zu ziehen wäre.*

Im vorliegenden Berichte werden wir den *Einfluss einzelner Hebewerkstypen auf die Leistungsfähigkeit eines Kanals und dessen Trassenlegung* unter der Annahme untersuchen, *dass gleiche Verrichtungen bei verschiedenen Hebewerken denselben Zeitaufwand benötigen.* Berücksichtigt wurden dabei bereits die veröffentlichten *Resultate des von der oesterreichischen Regierung im Jahre 1903* in besonders munifizenter Weise ausgeschriebenen *internationalen Wettbewerbes für ein Schiffshebewerk* bei Aujezd im Zuge des Donau-Oder-Kanals.

Um eine feste Basis für die Beurteilung einzelner Hebewerkstypen zu erlangen, wollen wir die beim Durchschleusen von *600 Tonnenschiffstypen* der Reihenfolge nach vorkommenden Manipulationen anführen, wobei uns *ein, in technisch vollkommener Weise ausgeführtes, tadellos in allen maschinellen Details gelöstes, präzis funktionierendes und von geschultem Personal bedientes Hebewerk* vorschwebt. Die an irgend einer Hebewerkstype erzielte Verbesserung analoger Konstruktionsdetails kommt auch den anderen Hebewerken in gleichem Masse bei deren idealer Ausgestaltung zustatten.

Die Zeitdauer für einzelne Verrichtungen haben wir auf Grund amtlich beglaubigter Daten, sowie eigener Beobachtungen bei ausgeführten Konstruktionen eingesetzt, und in analoger Weise für die noch nicht ausgeführten Projekte angenommen.

Für das Verholen der Schiffe mit Hilfe der Spille in den beweglichen Trog eines Hebewerks, dessen nutzbare Länge = 67,0 m, Breite = 8,8, Wassertiefe = 2,5 m beträgt, rechnen wir analog, wie dies beim Henrichenburger Hebewerke für die 600 Ton-

nen-Schiffstypen bei völlig ungestörtem Betriebe beobachtet wurde, 4 Minuten. Die Erzielung eines kürzeren Zeitaufwandes ist in der Praxis kaum denkbar, nicht nur mit Rücksicht auf den bescheiden dimensionierten Querschnitt des Wassers im Troge (Fig. 8 a bis d), und den bedeutenden Schiffswiderstand, sondern hauptsächlich durch die unbedingt nötige erhöhte Vorsicht, damit durch den Anprall des einfahrenden Schiffes das den Trog abschliessende Tor nicht zertrümmert (Fig. 2, 3, 4, 5), und einer unabsehbaren Beschädigung des ganzen Hebewerkes vorgebeugt wird.

Für analoge Verrichtung bei der Kammerschleuse rechnen wir dagegen mit Rücksicht auf den verhältnissmässig grossen Wasserquerschnitt, den man wählen kann (Fig. 7 a, b) sowie mit Rücksicht auf die robusten Konstruktionsdetails derselben, welche den Schiffsanprall eher auszuhalten in der Lage sind, einen Zeitaufwand von 3 Minuten.

Die nutzbare Länge der Kammer beträgt gleichfalls 67,0 m, die Breite dagegen 9,00 m, und die Wassertiefe 3,00 m oder auch mehr.

Das Schiff selbst gelangt in beiden Fällen, sei es bei Einfahrt in den Trog oder die Schleusenkammer, sei es bei Ausfahrt aus denselben, um je 100 m nach Vorwärts.

Für das Einschleusen eines, ausserhalb der Trog- oder Schleusenkammeraxe befindlichen Schiffes (Fig. 1 bis 5) — wie dies insbesondere bei Schiffskreuzungen unausweichlich ist — in die Schleusen- oder Trogaxe wird für alle Systeme gleich, 1 Minute angenommen. Die, hie und da unzweckmässig projektierten allzulangen Häupter vor den Hebewerkstoren, oder zu schmale Kanalbrücken, welche die Leistungsfähigkeit zu beeinträchtigen in der Lage wären, sind in unseren Zeichnungen insgesamt weggelassen worden.

Im nachfolgenden sind die Resultate dieser analytischen Untersuchungen über die *theoretische Leistungsfähigkeit einiger Hebewerkstypen* zusammengestellt. Die faktische maximale und bei lebhaftem, dauerndem Betriebe erreichbare Leistungsfähigkeit eines Kanals mit allen den Friktionen und kleineren Störungen, wie sie die Wirklichkeit mit sich bringt, dürfte sich im günstigsten Falle *nur etwa mit 75 % der theoretischen* bezeichnen.

A. — Kammerschleusen.

Es wird angenommen, dass sämtliche Schützen, Tore und Spille elektrisch betrieben werden. Die Erzeugung des elektrischen Stromes erfolgt durch Wasserkraft an der Schleuse selbst, wozu eine kleine Turbine vorgesehen ist. Die Bewegung der Tore und Schützen wird von einem Punkte aus dirigiert.

Der obere Drempel liegt möglichst tief (wir nehmen 4,50 m an) unter Oberwasser, damit das Füllen der Kammer mit Wasser möglichst ruhig und rasch erfolgen kann, die Ein- und Ausfahrt der Schiffe erleichtert wird, sowie die Strömung und die Wasserspiegelschwankung in den anschliessenden Haltungen, welche an den Schleusenhäuptern bedeutend erweitert sind, auf das unschädliche Minimum reduziert werden.

Kammer- (Schacht-) Schleuse für 10 m Gefälle mit zwei Sparbecken (Fig. 1 und Fig. 7 a, b).

I. Aufenthaltsdauer eines Schiffes in der Schleuse :

1. Einfahrt des Schiffes vom Unterwasser in die Kammer.	3'00"
2. Schliessen der Tore im Unterhaupt	0'30"
3. Füllen der Kammer (1) 4'00"	} 6'00"
Verzögerung infolge Anwendung der beiden Sparbecken (2) 1' + 1' = 2'00"	
4. Öffnen der Tore im Oberhaupt	0'30"
5. Ausfahrt des Schiffes	3'00"
Zusammen.	<hr/> 13'00"

(1) Der oberen Haltung werden 3100 m³, den Sparbecken 3000 m³ entnommen, der mittlere Zufluss = 25,5 m³ per Sekunde analog wie dies beispielsweise bei den tadellos funktionierenden Schleusen der Moldaukanalisierung üblich ist. — LAURELL rechnet beim Füllen der Schleusen am Trollhätta mit durchschnittlich 44 m³ Wasserzufluss pro Sekunde.

(2) Analog den direkten Beobachtungen bei den Sparschleusen am Kanal von Charleroi nach Brüssel (Bericht von E. LEFEBVRE, Düsseldorf 1902). Es liegt vollständig in der Hand des Konstrukteurs, durch entsprechendes System und Grösse der Schützen, Abmessungen der Sparbecken und Querschnitt der Umlaufkanäle die Füll- und Entleerungszeit nach Bedarf zu regeln.

wobei das Schiff um $100 + 100 = 200$ m nach Vorwärts gelangt. Auf das Heben des Schiffes entfallen 6'00'', auf Nebenverrichtungen 7'00''.

II. *Intervall der hintereinander folgenden Schiffe :*

Die sub I 1 bis 5 aufgezählten Verrichtungen beim ersten Schiffe dauern	13'00''
6) Schliessen der Tore im Oberhaupt	0'30''
7) Entleeren der Kammer und Füllen der beiden Sparbecken wie sub I 3)	6'00''
8) Oeffnen des unteren Tores	0'30''
	<hr/>
Zusammen	20'00''

Nun erst kann mit dem Durchschleusen des 2ten Schiffes begonnen werden. Das Schiffsintervall beträgt somit 20 Minuten, was bei 4 km Fahrgeschwindigkeit pro Stunde einer Entfernung von 1,333 km entspricht.

III. *Kreuzen zweier Schiffe an der Schleuse.*

Die sub I (1 bis 5), aufgezählten Verrichtungen beim Durchschleusen des ersten Schiffes dauern	13'00''
6) Einschieben des in der oberen Haltung seitwärts stehenden 2ten Schiffes, in die Kammeraxe dauert	1'00''
7) Einfahrt desselben in die Kammer	3'00''
8) Schliessen des Tores im Oberhaupt	0'30''
9) Entleeren der Kammer u. s. w. 4'00'' + 2'00''	6'00''
10) Oeffnen des unteren Tores	0'30''
11) Ausfahrt des zweiten Schiffes	3'00''
	<hr/>
	14'00''
12) Einschieben des dritten Schiffes in die Kammeraxe	1'00''
	<hr/>
Zusammen	28'00''

dauert das komplette Durchschleusen zweier kreuzenden Schiffe. Auf das Heben bzw. Senken entfallen 12,00''
 auf Nebenmanipulationen 16'00''
 Jedes Schiff erleidet beim Kreuzen einen Aufenthalt an der Schleuse von $13' + 1' = 14$ Minuten.

In der nachfolgenden Tabelle ist der Einfluss des Schleusen-gefälles auf die Leistungsfähigkeit derselben zusammengestellt. Die 5 metrige Schleuse ist als einfache Schleuse, die anderen als Schachtschleusen mit solcher Anzahl Sparbecken ausgestattet, damit der oberen Kanalhaltung pro Schleusung immer bloss 3100 m³ entnommen werden. Der Rest wird von den Sparbecken gedeckt. Verzögerung der Manipulationen pro Sparbecken wird mit 1 Minute angenommen.

Diese Tabelle wurde mit den Daten über die Leistungsfähigkeit der gekuppelten Schleuse, d. i. zweier nebeneinander gelegenen Kammerschleusen, von denen abwechselnd die eine oder die andere als Sparbecken beim Schleusen dient, wodurch zirka 40 % (theoretisch 43,75 %) Wasser erspart werden, ergänzt. Die Analyse ist wie bei der Plungerschleuse vorgenommen worden. Für die Verzögerung beim Füllen der Kammern wurde wie bei Sparbecken 1 Minute angenommen. Zu dem theoretischen Zeitaufwande beim Schleusen durch gekuppelte Schleusen wäre noch ein Zuschlag von 2 Minuten zuzurechnen, aus demselben Grunde wie bei der Trogschleuse angeführt werden wird.

Schleusen- sengefälle m	Anzahl der Sparbecken	Das Durchschleusen eines Schiffes erfordert an Zeit			Intervall, wenn Schiffe		Kuppelschleuse mit 43% Wasserersparnis		
		für Heben oder Senken	Neben- manipula- tionen	Zusammen	hinter einander folgen	kreuzen	Aufenthalt des Schiffes am Hebewerke	Intervall wenn Schiffe	
								Hinter- einander folgen	Kreuzen
5	—	2'	7'	9'	12'	20'	10'	7'	11'
10	2	6'		13'	20'	28'	12'	9'	13'
15	4	10'		17'	28'	36'	—	—	—
20	6	14'		21'	36'	44'	—	—	—

B. — Lotrechte Hebewerke.

a) SCHWIMMERSCHLEUSEN mit einem Trog nach der Type des Henrichenburger Schiffshebewerkes.

Laut ämtlicher Daten wird der Hub von 14 m beim Henrichenburger Hebewerke in 2 1/2 Minuten ausgeführt. Die Zeitdauer einer Doppel-Schleusung, d. h. das Heben und Senken je eines Schiffes, einschliesslich der für das Ein- und Ausfahren in- und aus dem Trog erforderlichen Zeit, beträgt ohne unvorhergesehene Störungen 25 Minuten. Hierbei entfallen allein

18 Minuten auf die Ein- bzw. Ausfahrt der Schiffe mit Hilfe der Spille.

Schwimmerschleuse für 20 m Hubhöhe (Fig. 2).

I) *Aufenthaltsdauer eines Schiffes am Hebewerke* dürfte sich wie folgt stellen :

1) Einfahrt des Schiffes in den Trog	4'00"
2) Schliessen der Tore, Auslassen des Spaltwassers, Lüften des Dichtungskeiles	1'30"
3) Heben bzw. Senken des Troges	3'00"
4) Anpressen des Dichtungskeiles an die Tore, Füllen des Spaltes mit Wasser, Heben der Tore	1'30"
5) Ausfahrt des Schiffes	4'00"
	Zusammen 14'00"

II) *Intervall der hintereinander folgenden Schiffe*, analog wie bei der Schleuse entwickelt :

$$14'00'' + 1'30'' + 3'00'' + 1'30'' = 20 \text{ Minuten.}$$

III) *Kreuzen zweier Schiffe am Hebewerke*, analog wie bei der Schleuse, mit Rücksicht auf das Einschieben der seitwärts stehenden Schiffe in die Trogaxe

$$14'00'' + 1'00'' + 4'00'' + 1'30'' + 3'00'' + 1'30'' + 4'00'' + 1'00'' = 30 \text{ Minuten.}$$

b) **PLUNGERSCHLEUSEN MIT ZWEI TRÖGEN**, von denen gleichzeitig einer aufwärts, der andere abwärts sich bewegt, nach der neueren Type der Hebewerke am belgischen Canal du Centre.

Nach *Génard's* Mitteilung beträgt die Dauer einer Hebung von dem Augenblicke an, wo die Schiffe oben und unten bis auf 30 m Abstand an das Hebewerk herangekommen sind, bis zu demjenigen, wo sie nach erfolgtem Auf- bzw. Abstiege sich wieder 30 m vom Hebewerke entfernt haben, beim Hebewerke von La Louvière, dessen Hubhöhe 15.397 m beträgt, zusammen *15 Minuten*, wovon 2'15" auf Bewegung der Tröge entfallen. Die nutzbaren Dimensionen der Tröge sind : 43,00 m Länge, 5,80 m Breite, 2,40 m Wassertiefe, benutzbar für Schiffe bis zu 360 t Tragfähigkeit.

Plungerschleuse für 20 m Hubhöhe (Fig. 3.) und 600 Tonnenschiffe dürfte sich betreffs des Zeitaufwandes zu einzelnen Manipulationen ganz genau so stellen, wie das Schwimmerhebewerk, somit :

I) *Aufenthaltsdauer eines Schiffes am Hebewerke :*

1) Einfahrt des Schiffes in den Trog	4'00"
2) Senken der Tore, Auslassen des Spaltwassers, Lüften der Dichtungskeile	1'30"
3) Heben des einen und gleichzeitiges Senken des ande- ren Troges	3'00"
4) Kuppelung der Tore, Anpressen der Dichtungskeile, Füllen der Spalte mit Wasser, Oeffnen der Tore und deren Verriegelung, Abstellen der Schiffs-Halte- signale	1'30"
5) Ausfahrt des Schiffes	4'00"

Zusammen 14'00"

II) *Intervall der hintereinander folgenden Schiffe* beträgt 14'00" — 4'00" = bloss 10 Minuten, nachdem während der Ausfahrt des ersten Schiffes aus einem Trog zugleich die Einfahrt des zweiten Fahrzeuges in den anderen Trog, der vollständig frei ist, bewerkstelligt werden kann.

III) *Das Kreuzen zweier Schiffe* beansprucht unter der Voraussetzung, dass deren Ein- und Ausfahrt, sowie das Heben und Senken der Tore und andere Manipulationen bei beiden Trögen ganz genau gleichzeitig erfolgen, mit Rücksicht auf das Einschleusen der seitwärts angelangten zweiten Schiffe in die Trogaxe, einen Zeitaufwand von 14'00" + 1'00" = 15 Minuten.

Dieses ganz genaue gleichzeitige Hantieren ist allerdings nur in Ausnahmefällen, wenn alles genau für die Probe vorbereitet ist, möglich, und wäre somit angezeigt schon zu diesen theoretischen Zeitaufwänden einen Zuschlag von zirka 2 Minuten zuzurechnen.

Es wurde ferner weder bei diesem, noch beim Schwimmerhebewerke auf diejenige Verzögerung der Manipulationen Rücksicht genommen, welche sich in dem Falle ergibt, wenn in den anschliessenden Kanalhaltungen *Wasserspiegelschwankungen* vorkommen, welche beispielsweise bei Wind, in der oberen Haltung eine Wasserspiegelhebung um 25 cm, in der unteren eine Senkung ebenfalls um 25 cm, zusammen somit ein um 50 cm differierendes Gefälle zur Folge haben. Dies genaue Ausspiegeln der Wasserstände im Trog und in der Haltung beansprucht ziemlich viel Zeit und vermindert die maximale theoretisch für normale Zustände ermittelte Leistungsfähigkeit.

Ueber den Einfluss verschiedener, bei diesen beiden Typen möglichen Höhenunterschiede der normalen Wasserspiegel auf

die Leistungsfähigkeit giebt nachfolgende Tabelle Aufschluss, aus der ersichtlich ist, dass infolge der raschen Höhenüberwindung die Leistungsfähigkeit in den Grenzen von 10 bis 25 m Hubhöhe sich annähernd — in der praktischen Verwendung — gleich stellen dürfte.

GEFALLE	SCHWIMMERSCHLEUSE MIT EINEM TROG				PLUNGERSCHLEUSE MIT ZWEI TRÖGEN			
	Das Heben bzw. Senken dauert	Das Durch- schleusen eines Schiffes dauert zs.	Intervall wenn Schiffe		Das Heben bzw. Senken dauert	Das Durch- schleusen eines Schiffes dauert zs.	Intervall wenn Schiffe	
			Hinter einander folgen	Kreuzen			Hinter einander folgen	Kreuzen
10 m	2'00"	13'00"	18'00"	28'00"	2'00"	13'00"	9'00"	14'00"
15 m	2'30"	13'30"	19'00"	29'00"	2'30"	13'30"	9'30"	14'30"
20 m	3'00"	14'00"	20'00"	30'00"	3'00"	14'00"	10'00"	15'00"
25 m	3'30"	14'30"	21'00"	31'00"	3'30"	14'30"	10'30"	15'30"

C. — Schiffseisenbahnen.

Von den wenigen Hebewerken dieser Art, die ausgeführt wurden, bisher jedoch nur für Schiffe von kleinen Dimensionen, verdient die vom Ingenieur *Thomas* bei *Foxton* in England im J. 1901 in Betrieb gesetzte doppelschiffige Querbahn mit Steigung 1 : 4, besonders hervorgehoben zu werden. Der zu überwindende Höhenunterschied beträgt 22,91 m. Die Tröge sind je 24,38 m lang, 4,57 m breit, mit einer Wassertiefe von 1,37 m, so dass Schiffe bis zu 70 t Tragfähigkeit befördert werden können (Fig. 6.). Nach *Gordon C. Thomas* Mitteilung können einzelne Schiffstransporte am Hebewerke kreuzender Schiffe in einem Zeitabstande von 15 Minuten vorgenommen werden, was sich mit den Resultaten unserer Analysen vollständig deckt, wenn die kürzere Schiffs- und Fahrlänge, sowie die viel kleineren, zu bewegenden Tore und Tröge in Berücksichtigung gezogen werden. Damit die Schiffe beim Kreuzen noch besser und rascher ausweichen können, wäre wohl die punktiert angedeutete Erweiterung des Kanals im Ober- und Unterhaupt bei derartiger Lösung für grosse Schiffe unvermeidlich.

In den nachfolgenden Analysen über die Leistungsfähigkeit von Schiffseisenbahnen verschiedener Systeme für 600 Tonnen-Schiffe und grössere Höhenunterschiede haben wir *Längsbahnen mit bloss einem Trog, sowie Schiffseisenbahnen mit trocke-*

nem Scheitel, so ökonomisch und unter anderen Umständen vorteilhaft sie auch sein könnten, *nicht berücksichtigt*, weil ihre Leistungsfähigkeit für intensiv befahrene Hauptkanäle zu weit hinter anderen, wenn auch kostspieligeren Anlagen mit 2 ausbalanzierten Trögen zurückbleibt.

a) DOPPELSCHIFFIGE LÄNGSBAHN, 1 : 25 GENEIGT, FÜR EINEN HÖHENUNTERSCHIED VON 40 M.

Berücksichtigt man die Vorzüge einzelner, sei es mit dem ersten Preise ausgezeichneten Projekte, sei es derjenigen, welche infolge ihrer Einzelheiten im internationalen Wettbewerbe vom J. 1904 gewürdigt wurden, und sieht man von der Art der Bewegung (ob auf Rädern, Wälzungsrollen oder Gleitschuhen), Lagerung und Ausbalanzierung der Tröge, Tore und anderer noch so ingenieurmäßig gedachten konstruktiven Details ab, vereinigt man alle die Vorzüge in einem einzigen tadellosen, zur Ausführung geeigneten Projekte, sieht man auch von dem nötigen Kraft- und Kostenaufwande ab, so gelangt man bei Untersuchung der Leistungsfähigkeit dieser in Fig. 4 skizzierten Type mit Trockenkammern zu folgenden Resultaten :

1) *Aufenthalt eines Schiffes am Hebewerke :*

1) Einfahrt des Schiffes analog wie bei Henrichenburg	4'00"
2) Schliessen beider Tore, Entleeren des Spaltwassers, Lüften des Dichtungskeiles bzw. Schlauches beim oberen sowie unteren Trog, Vertauen des Schiffes im Trog	1'30"
3) An- und Ausfahrt (1) 1' + 1'	2'00"
Die Fahrt selbst bei 0,50 m mittlerer Fahrgeschwindigkeit an einer $40 \times 25 = 1000$ m langen Strecke $1000 : 0'5 = 2000'' : 60$	33'20"
4) Genaues Festlegen des Troges an die Haltungstore, Anpressen des Dichtungskeiles, Ausfüllen des Spaltes zwischen den Trog- und Haltungstoren mit Wasser, Heben der Tore, beim oberen und unteren Trog genau gleichzeitig	1'30"
5) Ausfahrt des Schiffes	4'00"
	Zusammen 46'20"

(1) Damit Wasser im Troge nicht stark schwankt und dem Anprall der Tröge an die beiden Häupter vorgebeugt wird.

Auf das Heben entfallen 35'20", auf Nebenverrichtungen 11'00", wobei bemerkt werden muss, dass bei eventueller *Trockenförderung* — das Entleeren des Troges an einer Haltung vor Antritt der Fahrt und Füllen desselben mit Wasser, nachdem der Trog an die andere Haltung angefahren ist — behufs Ermöglichung seiner Ausfahrt, einen Zeitaufwand von weiteren 3'+3'=6 Minuten erfordert, und das Schiff somit zusammen 52'20" am Hebewerke verbringen würde.

Inzwischen gelangt jedoch das Schiff um 100+1000+100=1200 m nach Vorwärts.

II.) *Intervall der hintereinander folgenden Schiffe*, unter der Annahme, dass während der Ausfahrt des ersten Schiffes das zweite einfährt, beträgt bei Nassförderung 46,20"—4'00"—42'20"

III.) *Das Kreuzen zweier Schiffe* unter analogen Annahmen, wie bei Plungerschleusen dargetan wurde, wobei jedoch mit Rücksicht auf die 1000 m weit von einander genau gleichzeitig zu verrichtenden Bewegungen der Schiffe, Tore, u. s. w., ein Zuschlag von 2×2=4 Minuten nicht zu hoch wäre (den wir jedoch wieder mit bloss 1' belassen wollen), beansprucht theoretisch 46'20"+1'00"—47'20".

b) QUERBAHN 1:4 GENEIGT, FÜR EINEN HÖHENUNTERSCHIED VON 40 M UND 0,5 M MITTLERER FAHRGESCHWINDIGKEIT

α) EINSCHIFFIG.

I.) *Aufenthalt des Schiffes am Hebewerke*, unter analogen Annahmen des Zeitaufwandes für die einzelnen Verrichtungen wie sub CI und Nassförderung :

$$4'00" + 1'30" + 1' + 1' + \left(\frac{4 \times 40}{0.5} = 5'20" \right) + 1'30" + 4'00" = 18'40"$$

wovon auf das Heben 7'20", auf Nebenverrichtungen 11'00" entfallen.

II.) *Intervall der hintereinander folgenden Schiffe ist :*

$$18'20" + 1'30" + 2' + 5'20" + 1'30" = 28'40"$$

III.) *Das Kreuzen zweier Schiffe dauert :*

$$18'20" + 1' + 4'00" + 1'30" + 2' + 5'20" + 1'30" + 4'00" + 1' = 38'40"$$

β) ZWEISCHIFFIG.

Der analog entwickelte Zeitaufwand beträgt :

- I. $4'00'' + 1'30'' + 1' + 5'20'' + 1' + 1'30'' + 4'00'' = 18.20''$.
 II. $18'20'' - 4'00'' = 14'20''$.
 III. $18'20'' + 1'00'' = 19'20''$.

Für Höhenunterschiede von 10 bis 100 m durchgerechnete Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, sowie auch für den Fall, wenn die mittlere Fahrgeschwindigkeit der Tröge auf der 1 : 25 geneigten Bahn 1 Meter betragen würde, wobei jedoch für die gesicherte An — sowie Ausfahrt das doppelte wie bei $v=0,5$ m, somit $2' + 2' = 4'$ angenommen wurde. Von den verschiedenen möglichen Varianten wurde auch noch die 1 : 10 geneigte Längsbahn berücksichtigt, bei welcher jedoch bereits die Höhe des Troggerüsts am unteren Ende sehr bedeutend ausfällt, und auch die an die untere Haltung anschliessenden Trockenkammern sehr tief eingeschnitten werden müssen.

Tabelle über die Leistungsfähigkeit verschiedener Schiffseisenbahnen

HÖHEN- UNTERSCHIED	DOPPELSCHIFFIGE LÄNGSBAHN						QUERBAHN 1 : 4 GENEIGT				
	1 : 25 geneigt			1 : 10 geneigt			für $v = 0.5$ m.				
	für $v = 0.5$ m.		für $v = 1.00$ m.	für $v = 0.5$ m.		Einschiffig			Doppelschiffig		
	Einzeln hinter einander	Kreuzen	Einzeln hinter einander	Kreuzen	Einzeln hinter einander	Kreuzen	Einzeln hinter einander	Kreuzen	Einzeln hinter einander	Kreuzen	
10 m.	17'20"	22'20"	15'10"	20'10"	12'20"	17'20"	20'40"	30'40"	10'20"	15'20"	
20 m.	25'40"	30'40"	19'20"	24'20"	15'40"	20'40"	23'20"	33'20"	11'40"	16'40"	
30 m.	34'00"	39'00"	23'30"	28'30"	19'00"	24'00"	26'00"	36'00"	13'00"	18'00"	
40 m.	42'20"	47'20"	27'40"	32'40"	22'20"	27'20"	28'40"	38'40"	14'20"	19'20"	
60 m.	59'00"	64'00"	36'00"	41'00"	29'00"	34'00"	34'00"	44'00"	17'00"	22'00"	
100 m.	92'20"	97'20"	52'40"	57'40"	42'20"	47'20"	44'40"	54'40"	22'20"	27'20"	

Besonders hervortretend sind die günstigen Ziffern bei der doppelschiffigen quergeneigten Schiffseisenbahn zu denen jedoch ebenfalls mit Rücksicht auf das schwer erzielbare genau gleichzeitige Manövrieren bei den beiden Trögen ein Zuschlag von $2' + 2' = 4$ Minuten zuzuaddieren wäre.

Der Ausgleich nicht normaler Wasserspiegelunterschiede wäre mit einem, hier nicht verrechneten Zeitverluste verbunden.

D. — Drehhebwerke.

Ausgeführt wurde bisher kein Schiffshebwerk dieses Systems, es bestehen jedorb einige Projekte, von denen insbesondere das mit dem 2ten Preise im internationalen Wettbewerbe vom J. 1904 ausgezeichnete Projekt « *Habsburg* » gründlich durchkonstruiert wurde. Unter der Voraussetzung, dass die Hebwerke dieses Systems auch bei stark von den normalen differierenden Wasserspiegeln in den anschliessenden Kanalhaltungen tadellos funktionieren, dass der Einfluss der Dilation bei einseitiger Erwärmung, der Winddruck u. s. w., unschädlich gemacht werden, wozu die Verfasser des prämierten Projektes entsprechende Verbesserungen vorgeschlagen haben, und unter der Voraussetzung, dass die Drehgeschwindigkeit der bedeutenden in Bewegung zu setzenden Massen nach Bedarf geregelt werden kann, und dass die übrigen Manipulationen bei der Schiffs- Ein- und Ausfahrt, sowie die Bewegung der Tore u. s. w. analog wie bei anderen Hebwerken sich gestalten, ergibt sich der für ein *zweischiffiges Drehhebwerk und einen Höhenunterschied von 40 m* (Fig. 5.) erforderliche Zeitaufwand wie folgt :

- I. $4'00'' + 1'30'' + \text{Drehen } (1' + 6' + 1') + 1'30'' + 4'00'' = 19'00''$.
- II. $19' - 4' = \dots \dots \dots 15'00''$.
- III. $19' + 1' = \dots \dots \dots 20'00''$.

Auch hier wäre mit Rücksicht auf die bei zwei Trögen gleichzeitig vorzunehmenden Manipulationen zu den obigen Ziffern ein Zuschlag von wenigstens 2 Minuten zuzurechnen. Die Projektanten des prämierten Projektes thun dies auch in ausgiebiger Weise, indem sie je nach Bedarf, behufs Abrundung der Resultate 6'12'', 6'30'' und 4'12'' zu denselben zuschlagen.

In ganz analoger Weise liesse sich die Leistungsfähigkeit anderer Hebwerksysteme berechnen, deren ideale, vollkommene Ausführung und Betriebsfähigkeit vorausgesetzt, so insbesondere der verschiedenen Sparschleusensysteme, welche jedoch beim internationalen Wettbewerbe für Aujezd als zu kostspielig und kompliziert sich gestalteten, *weil einige Projektanten mit gänzlichem Wassermangel gerechnet haben, obzwar dieser am Donau-Oder-Kanal nicht im Geringstem zu befürchten ist, und*

in der Wettbewerbsausschreibung im § 1. auch bloss verlangt wurde, dass die Schiffshebeeinrichtung geeignet sein soll, bei möglichst geringem Aufwande von Betriebswasser — somit nicht ohne Wasser — einen *ökonomischen* Kanalschiffahrtsbetrieb zu sichern.

Die vorstehend unter A bis D durchkalkulierten Schiffshebewerk-Systeme, deren Typen in entsprechender Grösse entweder bereits angeführt sind, oder aber über deren Ausführungsfähigkeit bei entsprechend grossem Kostenaufwande, den wir an dieser Stelle jedoch nicht erörtern wollen — keine Bedenken vom technischen Standpunkte sich entgegenstellen, weisen in betreff ihrer theoretischen Leistungsfähigkeit untereinander verglichen, nachfolgende Eigenschaften auf :

a) *Einschiffige Hebewerke.*

1) *Die einfache Kammerschleuse* ohne Sparbecken, für kleinere Gefälle, ist und bleibt *das leistungsfähigste Schiffshebewerk*, deren beliebig rasches Füllen und Entleeren, Oeffnen und Schliessen der Tore und Bewegung anderer Mechanismen bei derartigen ausgeführten Konstruktionen bereits erprobt ist, und sich zur vollsten Zufriedenheit in jeder Hinsicht bewährt hat. Bei grossen Höhenunterschieden vermindert sich jedoch diese Leistungsfähigkeit hauptsächlich durch *Rücksicht auf Vermeidung einer zu starken Strömung beim Schleusen in den anschliessenden Haltungen*, welche durch Erweiterung des Kanalprofils nur abgeschwächt, nicht aber beseitigt werden kann.

2) *Sparschleusen* vermindern den Verbrauch des Wassers sowie die Strömung in den Kanalhaltungen. Mit zunehmender Anzahl der Sparbecken wird deren Konstruktion jedoch kompliziert und die Leistung vermindert, wodurch ihrer Anwendbarkeit zur Ueberwindung von ganz bedeutenden Höhen, über 15 m *an einem Punkte* des Hauptkanals mit sehr dichtem Verkehr, Bedenken betriebstechnischer Art sich entgegenstellen. Bis zu zirka 15 m Gefälle bieten sie jedoch ein gut bewährtes, leistungsfähiges Schiffshebewerk.

3) *Schwimmerhebewerke* zeichnen sich durch eine bedeutende, durch die zu überwindende Höhe fast gar nicht beeinflusste Leistungsfähigkeit aus. Bei zu geringen Höhenunterschieden

macht sich jedoch der nachteilige Einfluss der langsameren Tor-Manipulationen, sowie der vorsichtigeren Ein- und Ausfahrt der Schiffe bemerkbar. Die Ueberwindung zu grosser Höhen, über 25 m an einer Stelle, ist durch bautechnische Schwierigkeiten begrenzt.

4) Von *Schiffseisenbahnen* könnte bei absolutem Wassermangel bloss die *möglichst steile Querbahn* für dichten Verkehr in Erwägung gezogen werden, obzwar sie selbst bei geringen, für Schiffseisenbahnen aus wirtschaftlichen Gründen unstatthafter Höhenunterschieden von bloss 10 m keine befriedigende Leistung aufzuweisen in der Lage ist, weil selbst bei raschestem Heben die nicht verkürzungsfähigen Nebenmanipulationen einen sehr grossen Zeitaufwand in Anspruch nehmen.

b) *Zweischiffige Hebewerke.*

1) *Die gekuppelte Schleuse* ist fähig, bei zweckmässiger Konstruktion, hinreichender Wassermenge und mässigem Höhenunterschiede, bis zirka 12 m an einer Stelle, den dichtesten, an einem Binnenschiffahrtskanal überhaupt möglichen Verkehr glatt zu bewältigen.

2) *Die Plungerschleuse*, welche sich bereits praktisch für 360 Tonnenschiffe bewährt hat, ist vorzüglich geeignet bei Wassermangel bis zu zirka 25 m Höhenunterschied den dichtesten Verkehr am Kanal zu bewältigen.

3) Für grosse Höhenunterschiede, über 30 m an einer Stelle, ist die im kleinen Masstabe bereits erprobte *doppelschiffige Querbahn mit steiler Steigung*, sowie das noch zu erprobende, jedoch ausführungsfähige *Drehhebewerk* ein leistungsfähiges Schiffshebemittel.

4) *Doppelschiffige Längsbahnen* sind bei absolutem Wassermangel im flachen Gelände und einem nicht allzudichten Verkehre, sowie für mittlere Höhenunterschiede, ein brauchbares Hebewerk. Nachdem sie jedoch aus technischen Gründen für lange Fahrzeuge selten steiler als 1 : 10 angelegt werden können, von wirtschaftlichem Standpunkte für Höhenunterschiede unter 20 m jedoch zu theuer in der Anlage und im Betrieb sind, bei grossen Höhenunterschieden aber selbst bei ganz grossen Fahrgeschwindigkeiten, ohne Rücksicht auf den bedeutenden hierzu nötigen Kraftaufwand, die verlangte Leistungsfähigkeit infolge

der umständlichen, zeitraubenden Nebenmanipulationen nicht erreichen, bleibt deren Verwendbarkeitsgrenze wohl zwischen 30 bis 60 m Höhenunterschied an einer Stelle des Kanals limitiert.

In der nachfolgenden tabellarischen Zusammenstellung sind einzelne, im Vorstehenden erwähnten Hebewerke mit Angabe des zu überwindenden Höhenunterschiedes in Bezug auf ihre theoretische, sowie die in der Praxis wahrscheinliche *Leistungsfähigkeit* angeführt. Angenommen wurde dabei der bei dichtem Verkehr ungünstigste Fall, dass von vier, das Hebewerk passierenden Fahrzeugen, drei in einer und ein in entgegengesetzter Richtung fahren, ferner, dass die Schiffe anstatt mit über 600 Tonnen, bloss mit durchschnittlich 375 t befrachtet werden, dass täglich durchschnittlich 15 Stunden und pro Jahr 250 Tage geschleust wird.

HEBEWERKSTYPE (1)	Das Schiff hält sich am Hebewerke auf	Intervall der einzelh hinter- einander gehender Schiffe	Zeitbedarf für das Kreuzen zweier Schiffe	THEORETISCH ERMITTELTE LEISTUNG			Wahrscheinliche Leistung pro Jahr Tonnen
				ANZAHL DER SCHIFFE		Tonnen	
				pro Tag	pro Jahr		
A) <i>Einschiffige Hebewerke :</i>							
1. Kammerschleuse für 5 m Gefälle.	9'	12'	20'	82	20.500	7,687,500	5,766,000
2. Kammerschleuse mit 2 Sparbecken für 10 m Gefälle.	13'	20'	28'	53	13.250	4,968,750	3,627,000
3. Schwimmerschleuse für 20 m Höhe	14'	20'	30'	51	12.750	4,781,250	3,586,000
4. Quer—(1:4m.)—geneigte Schiffsbahn für 40 m. Höhenunterschied und $v = 0'5$ m	18'20"	28'40"	38'40"	37	9.250	3,468,750	2,602,000
B) <i>Zweischiffige Hebewerke:(2)</i>							
5. Gekuppelte Kamerschleuse für 5 m Gefälle.	10'	7'	11'	144	36.000	13,500,000	10,125,000
6. ditto für 10 m Gefälle.	12'	9'	13'	116	29.000	10,875,000	8,156,000
7. Plungerschleuse für 20 m Höhe	14'	10'	15'	103	25.750	9,656,250	7,242,000
8. Quergeneigte Schiffseisenbahn 1 : 4, $v = 0'5$ m 40 m. Höhe	18'20"	14'20"	19'20"	75	18.750	7,031,250	5,273,000
9. Schiffseisenbahn, 1 : 25 längsgeneigt, für 40 m Höhe und $v = 0'5$ m	46'20"	42'20"	47'20"	27	6.750	2,531,250	1,898,000
10. ditto für $v = 1$ m	31'40"	27'40"	32'40"	41	10.250	3,843,750	2,883,000
(ditto für $v = 3$ m) (3)	(21')	(17')	(22')	(64)	(16.000)	(6,000,000)	(4,500,000)
11. Drehhebewerk für 40 m Höhenunterschied.	19'	15'	20'	72	18.000	6,750,000	5,062,000

(1) Durchwegs wurde mit der, weniger Zeitaufwand erforderlichen *Nassförderung* der Schiffe gerechnet.

(2) Auf die Verzögerung infolge nicht genau gleichzeitigen Ein- und Ausfahrens der Schiffe in beide Kammern bzw. Tröge wurde hier keine Rücksicht genommen.

Unberücksichtigt ist auch der bei Hebewerken mit beweglichen Trögen fühlbare Zeitverlust bei Ausgleich der nicht normalen Wasserspiegel im Trog und der anschliessenden Kanalhaltung.

(3) Wegen zu grosser Fahrgeschwindigkeit unwahrscheinlich.

Welchen Einfluss der jeweilige Stand der Hebewerksfrage auf das Projektieren eines Kanals hat, möge an einem besonders lehrreichen Beispiele, dem Projekte eines

Donau-Oder-Kanals

nachgewiesen werden (Fig. 10 a bis e).

Dieser Kanal hat die Donau bei Wien, Kote 160 mit der Oder bei Mährisch-Ostrau, Kote 200 zu verbinden. Die Länge des Kanals variiert zwischen 265 und 275,5 km, die Kote der Scheitelhaltung zwischen 284,1 und 260 m, die gesammte zu überwindende Höhe somit zwischen 200,7 und 152,5 m, wenn man den Hafen in M. Ostrau mit Kote 207,5 als provisorisches Ende des Kanals annimmt.

In Fig 10a) ist das *Schleusenprojekt vom Jahre 1873* vorgeführt. Das verlorene Gefälle, die zahlreichen (84) Schleusen und die sehr kurzen Haltungen (bis nur 500 m) dazwischen, förderten begreiflicherweise nicht die Verwirklichung desselben, und wollen wir uns deswegen auch nicht weiter mit dem, heute nicht mehr lebensfähigen Projekte befassen.

In Fig 10b) dargestelltes Projekt vom J. 1894 (1), in welchem ausschliesslich *Schiffseisenbahnen* behufs Erlangung möglichst langer Kanalhaltungen für Schleppzüge vorkommen, konnte nicht zur Ausführung gelangen, weil das gewählte Hebwerkssystem sich später als unausführbar erwiesen hat.

Wie bei allen anderen Projekten, so auch bei diesem ist jedoch eine Flut-Schleuse am Anfang des Kanals notwendig, welche den Uebergang vom Donau-Strome, mit seinem wechselnden Wasserstande, in den Kanal mit annähernd konstantem Wasserspiegel zu vermitteln hat.

In Fig 10c) ist ein, aus neuester Zeit stammendes *Schleusenprojekt* von je durchschn. 5 m Gefälle dargestellt, in Fig. 10 d) eine *Kombination von Schleusen und Schiffseisenbahnen*, in Fig. 10e) eine Studie mit Anwendung von *Schachtschleusen von je rund 10 m Gefälle*. Punktirt angedeutet ist auch eine Lösung mit tiefer Scheitelhaltung, Kote 260, was jedoch die Herstellung eines 3.050 m langen Tunnels an der Wasserscheide und eines ziemlich bedeutenden Einschnittes gegen die Oder zu erheischen würde.

(1) Die eingeklammerten Ziffern beziehen sich auf das ältere Projekt, die nicht eingeklammerten sind Verbesserungen aus neuester Zeit.

Ein auf lotrechten Schiffshebewerken basierendes Projekt ist unseres Wissens für diesen Kanal bisher nicht ausgearbeitet worden.

Die Kanalscheitelhaltung wird 26 (bzw 75,75) bis auch nur 6 km lang projektiert.

Das zur Speisung derselben in Aussicht genommene Niederschlagsgebiet der Bečva hat eine Grösse von 972 *km*², es könnten jedoch im Bedarfsfalle noch andere anliegende bedeutende Niederschlagsgebiete herbeigezogen werden, ohne dass die verfügbare Wassermenge überpumpt werden müsste, selbst dann nicht, wenn die Scheitelhaltung die Kôte 284,1 beibehalten sollte. In diesem Gebiete giebt es genug Täler, in denen 4 bis 13 Millionen m³ Wasser durch Errichtung von Talsperren aufgespeichert werden könnten, um bei anhaltender Dürre, wenn dem Flusse selbst das Betriebswasser nicht direkt entnommen werden darf, der Kanalscheitelhaltung zugeleitet zu werden. Es reicht schon ein Teil des verfügbaren Niederschlagsgebietes vollständig hin, um die konstanten, von der Art der Höhenüberwindung unabhängigen Wasserverluste nicht nur in der Scheitelhaltung selbst, sondern auch noch in einer beträchtlichen Länge des Kanals zu decken, sowie auch das *Schleusenbetriebswasser* im Bedarfsfalle zu liefern. Bei einem Verkehre von 4.000.000 t pro Jahr, Sparschleusen von 10 m, oder einfachen Schleusen von 5 m Gefälle, ein Viertel Wechselschleusungen und durchschnittlich mit 375 t beladenen Schiffen, werden *rund 50.000.000 m³ Wasser für den Schleusenbetrieb* benötigt, für deren Beschaffung ein Bauaufwand von 20 bis 30 Millionen Kronen zu Lasten eines Schleusenkanals erforderlich wäre. Es sei jedoch bemerkt, dass die gesammte Bevölkerung Mährens, welche die von Hochwässern allzuoft heimgesuchten Niederungen bewohnt, den Bau von recht zahlreichen Talsperren mit Freude begrüssen würde, um hierdurch vor verderblichen Hoch- sowie abnormalen Niedrigwässern geschützt zu werden. Der für die Aufspeicherung des Wassers ausgeworfene Betrag würde somit einen ganz bedeutenden, mit Ziffern nicht recht zu bemessenden Nutzen für die Landwirtschaft, Ufererhaltung der Flüsse und deren sämtliche Anreiner zur Folge haben. Die Ausnützung der Wasserkraft wäre dann ebenfalls zu Guten des Talsperren-Kontos zuzuschreiben.

Der Projektant des Donau-Oder-Kanals hat so mit freie Wahl, unter den Hebewerksystemen dasjenige zu wählen, welches dem durchzogenen Gelände am besten sich anpassen lässt, dabei betriebssicher, leistungsfähig, und wirtschaftlich den anderen überlegen zu werden verspricht. Diese Wahl kann heute nach

dem Bekanntwerden der Resultate des internationalen Wettbewerbes von Jahre 1904 viel leichter und sicherer getroffen werden, *wenn man die Hebewerksfrage im Zuge des ganzen Kanales löst, bei vergleichender Kostenberechnung das Betriebswasser nicht von unten aufwärts schöpft*, sondern, wie es immer sonst der Fall zu sein pflegt, das nötige Wasser in der Scheitelhaltung ausgespeichert sich denkt, und es von dorten aus nach beiden Seiten, vom Hebewerk zum Hebewerk, kostenlos fliessen lässt.

Es ist selten möglich, an einer bestimmten Stelle eines Kanals mehrere Systeme von Hebewerken in rationeller Weise zu projektieren, um die erzielten Resultate dann gegenseitig derart vergleichen zu dürfen, dass über die Zweckmässigkeit der Anwendung dieses oder jenes Systems für einen ganzen Kanal das letzte, massgebende Wort gesprochen werden könnte. So zeigt die *Fig. 10 a bis d*, dass in dem gegebenen Terrain bloss die Lösung mit einer 1 : 25 längsgeneigter Ebene ohne ganz bedeutende Erdarbeiten möglich ist, obzwar solche Stellen am Donau-Oder-Kanal ausfindig zu machen, nur mit vieler Mühe möglich war und die Trasse sich infolgedessen von den bestehenden Industriezentren weit entfernen musste. Das ganze Gelände entspricht eben dieser Hebewerkstype nicht, was auch der vermittelnde Versuch in *Fig 10d*) im Vergleich zu *Fig. 10b*), infolge eines detaillierteren Studiums, für die unteren Partien klar nachgewiesen hat.

Am Donau-Oder-Kanale wird ein besonders dichter und grosser Verkehr erwartet, der mit nicht unter 4.000.000 t pro Jahr abgeschätzt wird. *Unsere Analysen zeigen mit hinreichender Deutlichkeit, welche Hebewerkssysteme befähigt sind diesen Verkehr mit Sicherheit zu bewältigen und welche nicht.*

Welche Bedeutung hat das System und die Anzahl der Hebewerke, wie sie in einzelnen Projekten vorkommen, für die zukünftige Prosperität des Donau-Oder-Kanals?

Der Lokalverkehr wird durch die grössere oder kleinere Anzahl der Hebewerke nicht besonders tangiert. Erwünscht ist nur, dass der Schiffer beim Hebewerke auf das Durchschleusen nicht lange warten muss, und dass die Kanaltrasse nicht an entfernten, steilen Lehnen geführt werde. Am besten entsprechen in diesem Falle Hebewerke von nicht zu grossem Gefällsunterschiede.

Der Fernverkehr verlangt dagegen *möglichst wenig Hebewerke, mit langen Haltungen* dazwischen. Für die Strecke Wien, M. Ostrau-Hafen, bei 4 km Fahrgeschwindigkeit pro Stunde,

270 km Kanallänge, benötigt ein Schiff einen Zeitaufwand von 67 h. 30'.

Hierzu kommt der Aufenthalt an einzelnen Hebewerken, welcher im ungünstigeren Falle, beim Schiffskreuzen, laut vorstehenden Analysen, nachstehenden Zeitaufwand, bei Berücksichtigung des vom Schiff am Hebewerke zurückgelegten Weges, erfordert :

Laut Fig. 10. c), bei 40 Kammerschleusen von je 5 m Gefälle :

$$40 \times (9' + 1') - 40 \times 200 \text{ m} \times \frac{60}{4000} = 280' = 4 \text{ h. } 40'.$$

Laut Fig. 10e) bei 20 Schacht-Sparschleusen von je 10 m Gefälle :

$$20 \times (13 + 1) - 20 \times 200 \times \frac{60}{4000} = 220' = 3 \text{ h } 40'.$$

Laut Fig. 10b) mit sieben 1:25 längsgeneigten doppelten Schiffseisenbahnen und einer Kammerschleuse, bei 1 m (anstatt 0,5 m) Fahrgeschwindigkeit der Tröge (die Länge dieser Schiffseisenbahnen beträgt zs. $(283'5 - 160,00 + 283,5 - 212'1) \times 25 = 194'9 \times 25 = 4872'5 \text{ m}$) ist der Gesamtzeitverlust :

$$7 \times (4' + 1 \frac{1}{2}' + 2' + 2' + 1 \frac{1}{2}' + 4' + 1') + (9' + 1') - (8 \times 200 + 25'487) \times \frac{60}{4000} = 25'.$$

Die Gesamtfahrzeit ist somit : 72 h 10', 71 h 10, oder 67 h 55', was zu Gunsten der längsgeneigten Schiffseisenbahnen mit hoher Fahrgeschwindigkeit spricht. Allerdings gewinnt das Schiff diese 3 bis 4 Stunden nur dann, wenn es an keinem Hebewerke auf den Weitertransport zu warten gezwungen ist.

Welchen Einfluss haben die Hebewerke und die hiedurch erzielten längeren oder kürzeren Haltungen auf die Zusammenstellung der Schleppzüge ?

Wir haben die Resultate bei verschiedener Schiffsanzahl, jedoch exclusive dem Motorschiffe, welches durch eine elektrisch betriebene, am Treppelwege fahrende Lokomotive ersetzt gedacht wird, wie folgt, auf Grund früherer Analysen tabelarisch zusammengestellt und dabei 2' Zeitverlust pro Schiff eines Schiffszuges für das Ordnen desselben am Hebewerke gerechnet.

Anzahl der Schiffe	INTERVALL DER SCHIFSZÜGE WENN SELBE									
	Hintereinander folgen					Am Hebewerke kreuzen				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Schleuse von 5 m. Gefälle.	12'	28'	42'	56'	70'	20'	44'	66'	88'	110'
» » 10 m. »	20'	44'	66'	88'	110'	28'	60'	90'	110'	150'
Gekuppelte Schleuse von 5 m. Gef. . .	7'	18'	27'	36'	45'	11'	26'	39'	52'	65'
» » » 10 »	9'	22'	33'	44'	55'	13'	30'	45'	60'	75'
Schwimmerhebewerk für 20 m. Höhe	20'	44'	66'	88'	110'	30'	64'	96'	128'	160'
Plungerschleuse » 20 »	10'	24'	36'	48'	60'	15'	34'	51'	68'	85'
Längsgeneigte doppelte Schiffseisenbahn für 40 m. Gefälle										
A) für $v = 0.5$ m. pro Sekunde. . . .	42'20"	89'	133'	177'	222'	47'20"	99'	148'	197'	247'
B) für $v = 1$ m. »	27'40"	59'	89'	119'	148'	32'40"	69'	104'	139'	173'

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass *die Vorteile langer Haltungen durch den grossen Aufenthalt einzelner Schleppzüge an den Hebewerken stark beeinträchtigt*, und bei längsgeneigten Schiffseisenbahnen mit 0,5 m Fahrgeschwindigkeit gänzlich *illusorisch gemacht werden*. So würde im letzteren Falle die Fahrt eines, an den Hebewerken kreuzenden Schleppzuges von 5 Schiffen, von Wien bis Ostrau bei Benützung der in Fig 10b) dargestellten Trasse $67 \text{ h } 30' + 23 \text{ h } 05' + 70' = 91 \text{ h } 45'$ dauern, wogegen ein einzeln fahrendes Schiff durch die in Fig. 10e dargestellte Trasse hierzu bloss $67 \text{ h } 30' + 3 \text{ h } 40' = 71 \text{ h } 10'$ benötigt! In beim Aujezder Hebewerke, Kote 204 angelangtes Schiff erreicht den Anfang der 23.832 km entfernten Scheitelhaltung in $7 \frac{1}{2}$ Stunden, ein Schleppzug bei gleicher Fahrgeschwindigkeit jedoch erst in mehr als 14 Stunden! Wo sind dann Vorteile der, um solchen Preis erzielten langen Haltungen für die Schifffahrt zu suchen? Sind die Betriebskosten und Schleppgebühren in diesem Falle niedriger, als bei einzeln geschleppten Schiffen bei geregelter maschineller Traktion in kürzeren Haltungen?

Die Baukosten der sämtlichen Hebewerke dürften sich wie folgt stellen: Laut Anordnung in Fig. 10c) mit Schleusen zu 5 m Gefälle:

Entweder 40 einfache Schleusen zu 450.000 K . . . 18.000.000 K
 oder ebensoviel gekuppelte Schleusen zu 760.000
 K = , , , , 30.400.000 K

Laut Anordnung in *Fig. 10e*, mit Schleusen zu 10 m Gefälle :
 Entweder 20 einfache Sparschleusen zu
 600.000 K = , 12.000.000 K
 oder 20 gekuppelte Schleusen zu 900.000 K = . . 18.000.000 K

Laut Anordnung in *Fig. 10b* mit 7 längsgeneigten, doppelten
 Schiffseisenbahnen und einer gekuppelten Schleuse von 5 m Gefälle
 bei M. Ostrau, mit Benützung der Daten des vorjährigen internationalen
 Wettbewerbes :

7 Hebewerke zu durchschnittlich bloss 4 Mill. K = 28.000.000 K
 1 Schleuse für 5 m Gefälle 450.000 K

 Zusammen 28.450.000 K

Hierzu die Kosten für die Beschaffung von Schleusenbetriebswasser für die
 Schleusentreppe bei M. Ostrau !

Die Anordnung der Hebewerke in *Fig. 10d* mit Kammerschleusen von
 Wien bis Prerau und von M. Ostrau gegen die Oder zu, mit Schiffseisenbahnen
 dazwischen, würde den Bau von Talsperren im Bečva-Gebiete wohl in
 geringerem Ausmasse erheischen, der Schleusenbetrieb würde jedoch von
 Prerau ab, sowie von Ostrau an, somit zweimal, Wasserentnahme aus dem
 March- sowie aus dem Oderflusse zur Folge haben. Nachdem jedoch beide
 Flüsse bei Niedrigwasser, wie es sich insbesondere im J. 1904 gezeigt hat,
 eine ganz minimale Wassermenge führen, die ihnen ohne schwere Schädigung
 der Landwirtschaft, der anliegenden Gemeinden und der Industrie nicht
 entnommen werden darf, so wäre anstatt von leicht zu beherrschenden und
 verhältnismässig billig zu vergrössernden Talsperren im Bečva-Gebiete —
 der Bau von Talsperren im oberen March- sowie Oder-Gebiete unumgänglich
 notwendig, um in weniger leicht regulierbarer Weise das nötige Wasser
 diesen beiden Flüssen zu Kanalzwecken entnehmen zu dürfen !

Die Betriebskosten der sämtlichen Hebewerke im Zuge des Donau-Oder-Kanals
 spielen beim Entschlusse über die zu wählende Art derselben wohl eine noch
 grössere Rolle, wie die Baukosten selbst.

Bei *Kammerschleusen* sind diese Kosten für verschiedene Gefälle derselben pro Hebewerk annähernd gleich, weswegen die Anzahl derselben, solange die Leistungsfähigkeit darunter nicht unter das nötige Mass zu sinken droht — *auf das Minimum einzuschränken ist*. Der Wasserbedarf für einfache fünfmetrige Schleusen differiert sehr wenig von demjenigen für zweckmässig konstruierte 10 metrige Sparschleusen, und selbst die 10 metrige gekuppelte Schleuse bedarf bei 43 % Wasserersparnis pro Jahr nur um ein Geringes mehr, wie eine einfache Schleuse von halber Gefällshöhe ohne Sparbecken !

Bei anderen mechanischen *Schiffshebwerken*, wo die billige Wasserkraft zum Schiffsheben- und Senken nicht vorhanden ist und wo bei einer jeden solchen Anlage, *insbesondere bei Schiffseisenbahnen, grosse maschinelle Anlagen* errichtet werden müssen, sind diese Kosten erfahrungsgemäss einigemal grösser, wie bei entsprechender Anzahl von Schachtschleusen.

Die Erhaltungs- und Amortisierungskosten, welche insbesondere dann schwer in die Wagschale fallen, wenn ein Kanal längere Zeit gebaut und dem Verkehr nicht übergeben wird, und wenn dieser Verkehr dann jahrelang die für die Rentabilität der Hebewerke notwendige hohe Ziffer nicht erreichen will, belasten in erster Linie die mechanischen, mit komplizierter Maschinerie ausgestatteten Anlagen. Die robusten, gemauerten Schleusen mit wenigen, der Verrostung u. s. w., ausgesetzten Bestandteilen, erheischen dagegen, ob unbenützt oder in vollster Tätigkeit, *infolge ihrer Einfachheit* — annähernd dieselben, erfahrungsgemäss minimalen Erhaltungskosten. Für eine allzugrosse Ersparniss an Betriebswasser konstruierte und infolgedessen komplizierte Schleusen dürften allerdings mit einfacheren lotrechten mechanischen Hebewerken kaum wetteifern können. — Die jahrhunderte lange Lebensdauer der gemauerten Schleusen sowie deren verhältnismässig niedrigen Baukosten vermindern naturgemäss auch deren jährliche Amortisierungsquote.

Die Summe aller Erwägungen und Berechnungen, von denen hier bloss ein geringer Bruchteil angedeutet werden konnte, sowie die Rücksicht auf die geregelte Wasserwirtschaft Mähren's lassen uns hoffen, dass der *Donau-Oder-Kanal als ein SCHLEUSENKANAL* mit möglichst wenig Haltungen ausgebaut werden wird. An anderen oesterr. Kanälen, wo viel bedeutendere Höhenunterschiede zu überwinden sind und die Wasserbeschaf-

fung in der Scheitelhaltung mehr Mühe erfordert, würde ein Wettbewerb zwischen Kammerschleusen und zweckmässigen mechanischen Hebewerkstypen für letztere sich gewiss recht aussichtsvoll gestalten.

Schlussfolgerung.

1) Im Zuge eines Schifffahrtskanals eingeschaltete Hebewerke haben, mit Rücksicht auf den geregelten Betrieb, eine annähernd gleiche Leistungsfähigkeit aufzuweisen.

2) Ueber die Zweckmässigkeit einer bestimmten Hebewerkstype für einen Kanal entscheidet die Summe aller, die Verkehrsgrösse, Betriebsart und Gesamtkosten betreffenden vergleichenden Studien, welche sich *auf den ganzen Kanal*, nicht bloss auf eine Stelle desselben, zu erstrecken haben.

3) Die der erhofften Verkehrsgrösse angepasste *Kammerschleuse* ist und bleibt das sicherste, leistungsfähigste, billigste und wirtschaftlich *vorteilhafteste Mittel zur Ueberwindung selbst ganz bedeutender Höhen an einem Kanal*, solange das nötige Betriebswasser ohne unerschwingliche Kosten der Scheitelhaltung zugeführt werden kann.

4) Bei Wassermangel bietet die *Plungerschleuse* einen, in Bezug auf Leistungsfähigkeit gleichwertigen Ersatz der Kammerschleuse.

Brünn, den 23. März 1905.

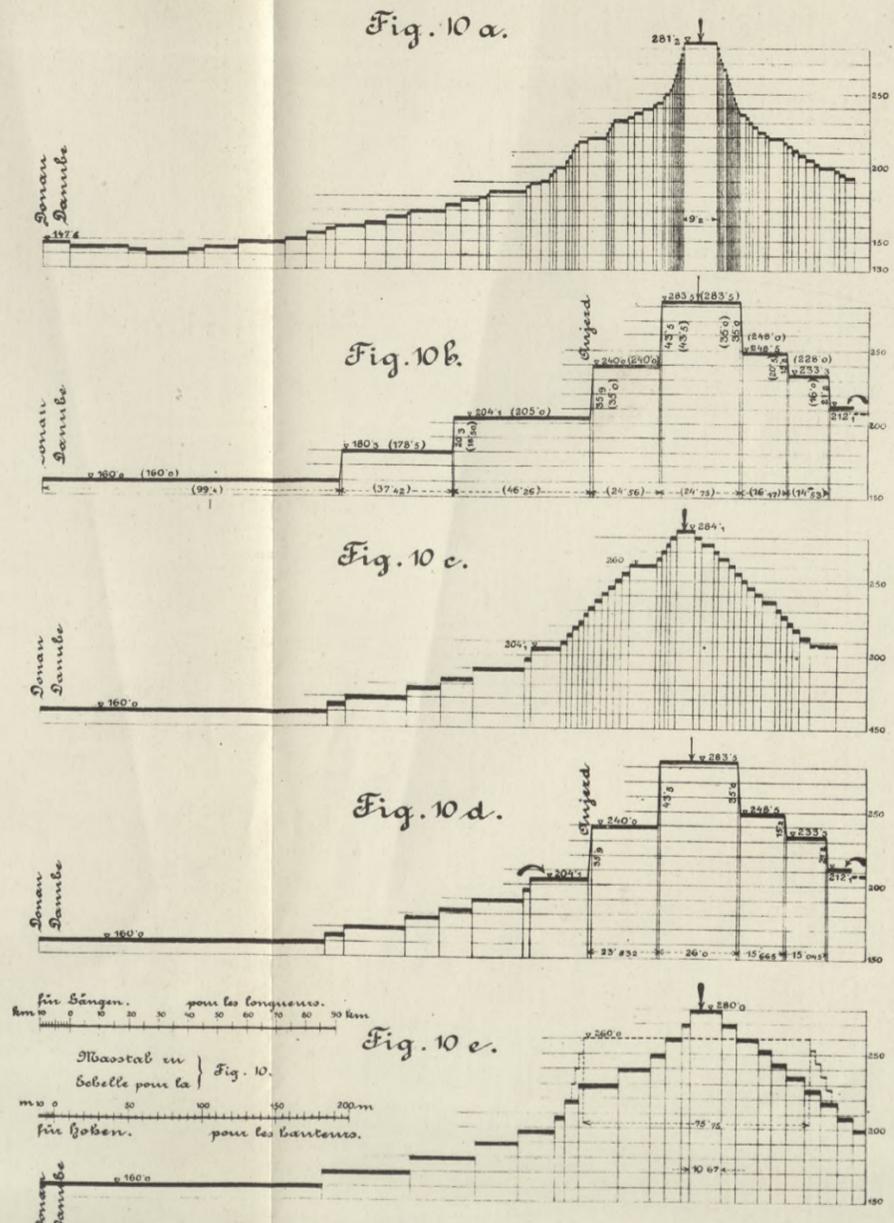
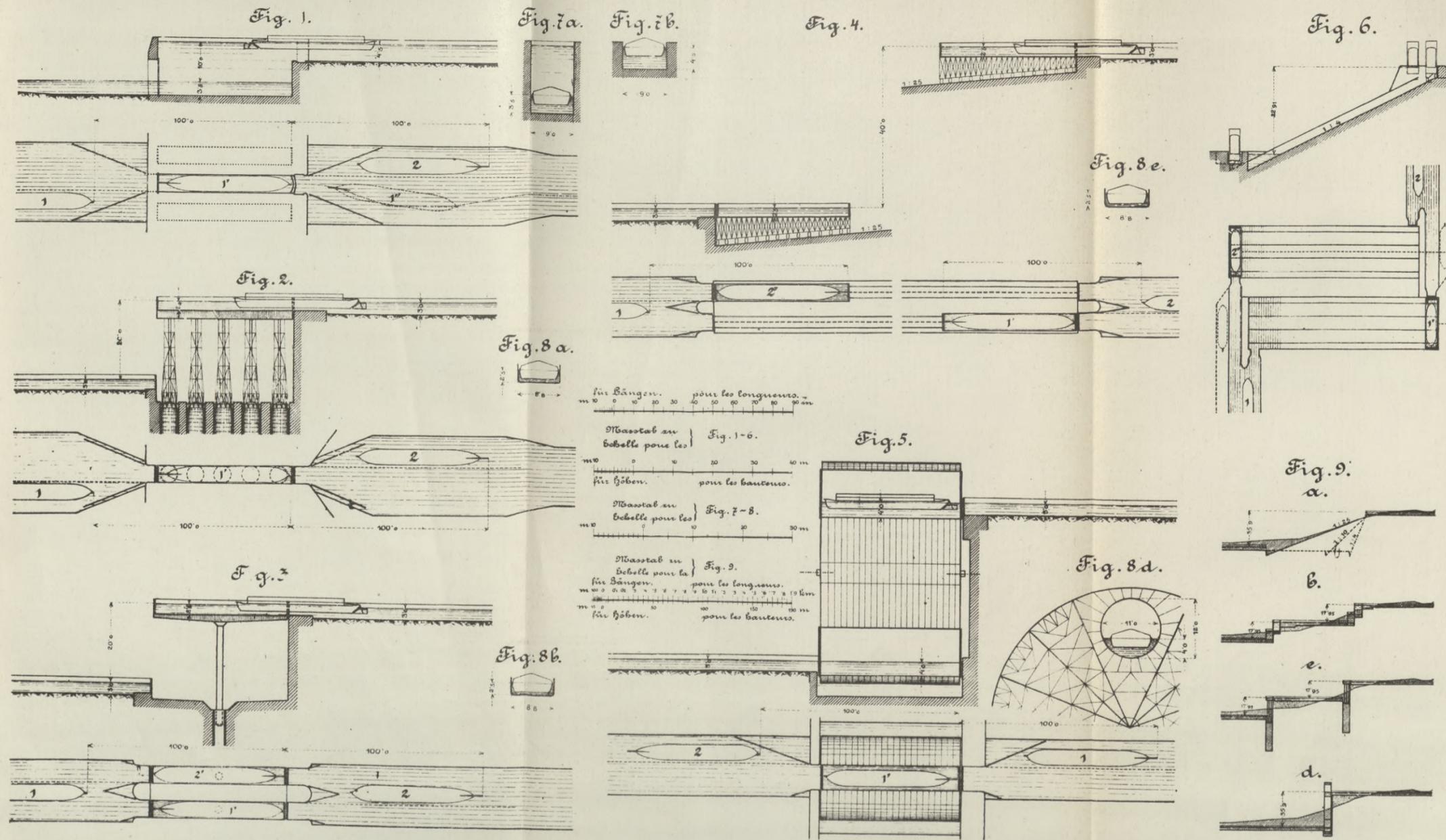
ANTONIN SMRČEK.

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFFAHRTS-CONGRESSE

X. CONGRESS - MAILAND - 1903

I. Abteilung : Binnenschifffahrt
3. Frage

BERICHT
VON
A. SMRCEK



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-349871

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299429