

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

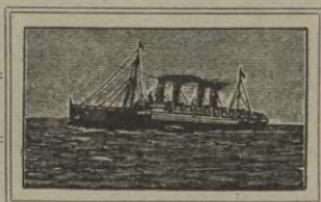
## BERICHT

VON

**Em. LEFEBVRE**

*Oberingenieur für Brücken- und Wegebau in Brüssel*

NAVIGARE



NECESSE

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

1905



II-349879

~~II-4996~~

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299423

# BETRACHTUNGEN

ÜBER DIE

## Mittel zur Überwindung grosser Höhenunterschiede in Kanälen.

---

### BERICHT

VON

**Em. LEFEBVRE**

Oberingenieur für Brücken- und Wegebau in Brüssel.

---

#### Allgemeine Betrachtungen.

Die Verbesserung der vorhandenen Wasserstrassennetze und die Anlage künstlicher Schifffahrtswege beschäftigen, besonders seit 25-30 Jahren, mit Recht die verschiedenen Länder.

Diese ein halbes Jahrhundert lang infolge der wunderbaren Entwicklung der Eisenbahnen vernachlässigt gewesene Frage ist wieder auf die Tagesordnung gekommen, seitdem man erkannt hat, dass die Kanäle nur zum grossen Nutzen von Handel und Industrie die Schienenwegnetze ergänzen, indem sie diese von den schweren und verkehrshinderlichen Frachtgütern befreien und letztere zu niedrigen Sätzen befördern.

Ebenso gross wie die einstige Vernachlässigung ist jetzt der Eifer, die Wasserstrassennetze zu erweitern und zu vervollkommen, um deren wirtschaftlichen Wert zu steigern; alle Anstrengungen gehen dahin, Anlagen zu schaffen, welche die Leistungsfähigkeit der Schifffahrtsstrassen vermehren, eine möglichst starke Ausnutzung des Schifffahrtsmaterials durch die Verkürzung der Dauer der Transporte gewähren und nicht nur die Baukosten, sondern auch den Aufwand für Unterhaltung und Betrieb vermindern.

Unter den Schwierigkeiten, welche zwecks Verwirklichung dieser Ziele zu beseitigen sind, ziehen die Mittel zur Ueberwindung grosser Höhenunterschiede die besondere Aufmerksamkeit der Ingenieure auf sich.

Hervorragende Fortschritte sind auf diesem Gebiete gemacht worden. Um sich hiervon zu überzeugen, braucht man nur auf die Sachlage zu verweisen, wie sie gelegentlich des ersten zu Brüssel im Jahre 1885 abgehaltenen Internationalen Schifffahrts-

efke 2081/51

Congresses beschrieben worden ist, und diese mit den Resultaten zu vergleichen, welche sich aus den zum neunten Internationalen Congresse zu Düsseldorf im Jahre 1902 eingereichten Berichten und den dort stattgefundenen Verhandlungen ergeben.

Früher betrachtete man die Kammerschleusen als Vorrichtungen von sehr beschränkter Leistungsfähigkeit, da die Gefällshöhe nur ausnahmsweise bis zu 4 oder 5 Meter betragen durfte. Die Durchfahrt durch diese Schleusen ging langsam von statten, verursachte Betriebsstörungen und erforderte besonders einen beträchtlichen Wasserverbrauch.

Um diesen Mängeln abzuhelfen, schien man für die Ueberwindung grosser Höhen auf die Benutzung besonderer Beförderungsmittel angewiesen zu sein, nämlich die Hebewerke und die geneigten Ebenen.

Unter der Vorherrschaft dieses Gedankens hat man bei Anderton (England), bei Fontinettes (Frankreich), bei La Louvière (Belgien) und bei Henrichenburg (Deutschland) Hebewerke für Fahrzeuge von 80 Tonnen, 300 Tonnen, 350 Tonnen und 600 Tonnen, und für Gefälle von ungefähr 15,35 m, 13,13 m, 15,40 m und 16 m geschaffen. Ganz kürzlich ist ferner bei Peterborough (Canada) ein Hebewerk angelegt worden, um einen Höhenunterschied von 19,825 m zu überwinden.

Die geneigten Ebenen sind bislang nur der Gegenstand sehr durchdachter Entwürfe gewesen, welchen die in der Binnenschifffahrt des europäischen Festlandes dauernd üblichen Schiffsarten und deren Tonnengehalt zu grunde gelegt sind.

Obwohl die Hebewerke eine Lösung der Frage in dem Falle bringen, dass ungewöhnliche und plötzliche Höhenunterschiede zu überwinden sind und es an Speisungswasser mangelt, so besteht doch hinsichtlich eines wichtigen Punktes Ungewissheit: Eine wie lange Lebensdauer werden diese ganz aus Metall hergestellten und zerstörenden Einflüssen besonders ausgesetzten Bauwerke haben?

Die vorhandenen Hebewerke sind noch nicht alt genug, um einen Schluss auf die Lebensdauer zu gestatten; es ist indessen nicht allzu gewagt zu behaupten, dass, abgesehen von jeder anderen Erwägung, und welche auch immer die Vervollkommnungen, die Fürsorge und die Vorbeugungsmittel sein mögen, diese aus Metall hergestellten Vorrichtungen sich nicht so gut halten werden wie das Mauerwerk der Schleusen, und dass ihnen nicht wie diesen eine sozusagen unbegrenzte Lebensdauer mittels einfacher und verhältnismässig wenig ins Gewicht fallender Unterhaltungsarbeiten verliehen werden kann.

Die im Bau von Kammerschleusen erzielten Fortschritte gestatten heute, Höhen von 4-5 m mit Bequemlichkeit zu überwinden und die Schiffe schnell, sowie ohne übermässigen Aufwand von Speisungswasser, zu schleusen. Selbst grössere Höhenunterschiede werden gegenwärtig mittels Schleusen überschritten, ohne dass Vorrichtungen oder Betriebsteile vorhanden sind, welche diesen Schleusen deren eigenartige Einfachheit und Derbheit nehmen, so z. B. bei Gleesen und bei Münster (6,20 m), bei Bourg-le-Comte (7,20 m) und bei La Vilette (9,92 m). Man ist gegenwärtig bei der Bearbeitung von Entwürfen für Binnenschiffahrts-Kanäle mit Schleusen, deren Gefäll die soeben genannten Maasse sogar überschreitet. Unter den neuesten Projekten nennen wir diejenigen für den Umbau des Ludwigskanales von Kehlheim nach Bamberg (Bayern), für den Main-Seitenkanal von Bamberg nach Aschaffenburg und für den Seitenkanal der oberen Donau zwischen Kehlheim und Ulm. Diese geplanten Schleusen sollen 5,74 m Gefäll (für Fahrzeuge von 1.000 Tonnen) und 8,27 m Gefäll (für Fahrzeuge von 600 Tonnen) erhalten.

Diese wenigen Angaben erscheinen mir zweckmässig, um zu zeigen, welchen Weg der Bau der Kammerschleusen und die Auffassung von diesen seit 1885 zurückgelegt haben, zu welcher Zeit man diese Schleusen noch als sehr unvollkommene Einrichtungen betrachtete.

**Auf dem Kanal von Charleroi nach Brüssel ausgeführte und in Ausführung begriffene Arbeiten zum Zwecke der Überwindung eines Höhenunterschiedes von 64 m 70 auf einer Strecke von 14.500 m.**

In einem dem Internationalen Congresse in Düsseldorf unterbreiteten Berichte haben wir den Stand der Arbeiten dargelegt, welche unternommen worden sind, um diesen Kanal in eine Schiffahrtsstrasse für Fahrzeuge von 350 Tonnen umzuwandeln. Wir haben darin gezeigt, dass der mittlere Teil des Kanales auf einer Strecke von 16.000 m ein Gesamtgefäll von 64,55 m aufweist, welches mittels 28 Schleusen, nämlich 11 von 2 m, 12 von 2,40 m, und 5 von 2,75 m überwunden wird. Dieser Höhenunterschied soll nun innerhalb 14.500 m mittels 15 Schleusen von 5,20 m Breite und 40,80 m nutzbarer Länge, worunter 7 von 4,10 m und 8 von 4,50 m Gefäll, überschritten werden. Die Anordnung besagter Schleusen ist in dem soeben erwähnten Berichte beschrieben worden.

Bezeichnung der Schleusen und Haltungen	Länge der Schleusen und Haltungen	Schleusen-gefäll	Wasserstand in den Haltungen	OBERFLÄCHEN-INHALT AM SPIEGEL		Gesamter Oberflächen-Inhalt am Wasserspiegel	BEMERKUNGEN
				der Haltungen	der Regulierungs- und Speisungs-Becken		
Schleuse 13N	m 61.90	m 4.10	m	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Alle Schleusen, mit Ausnahme von No 38N u. No 39N sind mit zwei Sparbecken ausgestattet, welche eine Ersparung von 44 o/o des Schleusungswassers auf schnellem Wege gestatten.
Haltung 13N	1,239.35		2.40	29.240	—	29.240	
Schleuse 15N	58.10	4.10					
Haltung 15N	1,064.30		2.40	28.785	—	28.785	
Schleuse 17N	58.10	4.10					
Haltung 17N	1,426.90		2.40	36.212	—	36.212	Die 61 m. 90langen Schleusen haben eine auf ihrem Unterhaupte angebrachte feststehende Brücke.
Schleuse 19N	58.10	4.10					
Haltung 19N	1,162.75		2.40	38.765	—	38.765	
Schleuse 21N	61.90	4.10					
Haltung 21N	1 088.80		2.40	28.106	—	28.106	Diese Haltung empfängt das Wasser eines Speisungsbaches; zu jeder der Schleusen von No 23N an gehört ein Regulierungs- und Speisungs-Gerinne, an dessen beiden Enden Siehle von 2 m. Breite vorhanden sind.
Schleuse 23N	58.10	4.50					
Haltung 23N	1,001.89		2.40	25.940	—	25.940	
Schleuse 25N	58.10	4.50					
Haltung 25N	623.35		2.60 (1)	19.914	—	19.914	(1) Wegen ihrer durch örtliche Umstände bedingten geringen Ausdehnung vertiefte Haltung.
Schleuse 27N	58.10	4.50					
Haltung 27N	769.30		2.40	26.972	7.208 (2)	34.180	(2) Die Speisungsbecken nehmen das Wasser von Bächen auf und tragen gleichzeitig zur Vergrößerung des Wasserinhaltes und der Oberfläche der anstossenden Haltungen bei.
Schleuse 29N	58.10	4.50					
Haltung 29N	799.36		2.40	33.774	16.076 (2)	49.850	
Schleuse 31N	58.10	4.50					
Haltung 31N	782.74		2.40	20.138	9.690 (2)	29.828	(3) Die Regulierungsbecken dienen nur dazu, den Wasserinhalt und die Oberfläche der anstossenden Haltungen zu vermehren. Alle diese Becken stehen mit den anstossenden Haltungen durch zwei Umläufe von je 2 m. Breite in Verbindung.
Schleuse 33N	61.90	4.50					
Haltung 33N	985.00		2.40	29.905	—	29.905	
Schleuse 35N	58.10	4.50					
Haltung 35N	1 019.81		2.40	31.064	14.421 (2)	45.485	Am linken Ufer der Haltungen No 35N und 37N sind zwei grosse Speisungsbecken angelegt, welche 100,000 cbm und 30,500 cbm fassen und deren Wasser sich in die Haltungen No 37N und 38N ergiesst, um alle Wasserverluste auf dem Abstiege bis Brüssel, d. i. auf einer Strecke von 34 km wetzumachen. Aus diesem Grunde sind die Schleusen No 38N und No 39N nicht mit Sparbecken ausgestattet.
Schleuse 37N	58.10	4.50					
Haltung 37N	807.34		2.40	26.057	19.537 (3)	45.594	
Schleuse 38N	61.90	4.10					
Haltung 38N	767.20		2.40	20.950	—	20.950	
Schleuse 39N	61.90	4.10					
Zusammen	14 498.59	64.70					

Die vorstehende Tabelle gibt eine Uebersicht über diese Bauwerke, die Länge der Haltungen, welche sie trennen, die für jede von ihnen geplante Stauhöhe, die Oberfläche an der Wasserlinie, die Sparbecken und die an gewisse Haltungen angeschlossenen Speisebecken mit ihrem Flächeninhalt an der Wasserlinie.

Die Angaben dieser Tabelle zeigen die Bedeutung der zwecks Ueberwindung der Gefälle ausgeführten und in Ausführung begriffenen Arbeiten und lassen erkennen, dass die Länge der Haltungen mindestens der Strecke gleich ist, welche die Fahrzeuge während der für die Durchschleusung nötigen Zeit zurücklegen können. Ferner lassen sie einerseits erkennen, dass die Veränderungen des Wasserstandes der verschiedenen Haltungen unter dem Einflusse von drei aufeinander folgenden Schleusenfüllungen bei der unteren Schleuse, — welche Füllungen höchstens 3.200 cbm Wasser ohne Inanspruchnahme der Sparbecken erfordern — kaum 0,10 m überschreiten, und andererseits, dass die Speisung auf automatische Weise vor sich gehen wird, ohne dass man die Schleusenvorrichtungen hierzu zu benutzen braucht, und dies kann für den regelmässigen Betrieb der Schifffahrt nur vorteilhaft sein.

Fünf Schleusen von 4,10 m sind seit mehr als 2 Jahren in Betrieb; sie entsprechen dem verfolgten doppelten Zwecke, die Durchschleusung der Fahrzeuge schnell und sicher zu vollziehen und gleichzeitig 44 % der für jede Schleusenfüllung nötigen Wassermenge, d. h. 425 cbm auf 980 cbm, zu ersparen.

Der Bau der anderen Schleusen ist gegenwärtig in Ausführung begriffen.

Die Eigenartigkeit der angelegten Schleusen liegt in den beiden Sparbecken, welche den gleichen Oberflächeninhalt wie die Schleusenkammer haben und fächerartig auf einer der Schleusenebenen angelegt sind; diese Sparbecken vermögen Wasserschichten von 0,95 m und 0,825 m unter Enddruckhöhen von 0,20 m und 0,278 m aufzunehmen. Die gewählten Einrichtungen sind einfach und schlicht und haben keinerlei verwickelten Mechanismus aufzuweisen; ausserdem stellen sie sich billig, da sie für jede Schleuse eine besondere Ausgabe von nur 24.100 fr. verursachen.

Zahlreiche Beobachtungen haben ergeben, dass die Schleusung eines zu Tal oder zu Berg fahrenden Schiffes sich in ungefähr 15 Minuten vollzieht, wenn man die Sparbecken nicht benutzt; der Gebrauch der letzteren vermehrt die Schleusungsdauer um annähernd 2 Minuten, obwohl bei diesem Vorgange

nur der in der Längsrichtung angeordnete Umlauf in derjenigen Schleusenmauer benutzt wird, welche an diese Sparbecken anstößt.

Bei der angegebenen Zeitdauer entfallen auf die Anfahrt, die Einfahrt, die Ausfahrt und die Weiterfahrt des Schiffes bis zu 50 m Entfernung von der Schleuse 10 1/2 Minuten. Der Durchzug geschieht durch ein Pferd. Offenbar könnte die Handhabung durch die Anwendung elektrischer Winden noch beschleunigt werden; sicherlich würde man durch derartige mechanische Vorrichtungen noch mindestens 3 Minuten gewinnen können, wenn die Lebhaftigkeit des Verkehrs solches erforderte.

Die Entleerung und die Füllung der Schleusenammer erfordern 3 oder 5 Minuten, je nachdem man die Sparbecken nicht benutzt oder in Tätigkeit setzt.

Diese verhältnismässig kurze Dauer der Entleerung und Füllung verdankt man einerseits den Abmessungen der dabei benutzten Zylinderschützen, welche 1,40 m Durchmesser und 0,38 m Hubhöhe haben, und andererseits der geradlinigen Anlage, dem Querschnitte und der Einrichtung, welche man für die Schächte (2,40 m), für die Längsumläufe  $\left(\frac{1 \text{ m}}{1,70 \text{ m}}\right)$  und für die vier Querleitungen  $\left(\frac{0,80 \text{ m}}{0,75 \text{ m}}\right)$  in jeder Schleusenmauer gewählt hat. Der Wasserspiegel senkt oder hebt sich in der Schleusenammer mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 0,0234 m, ohne dass eine für die Fahrzeuge gefährliche schwingende Bewegung eintritt. Die Fahrzeuge werden dabei nicht einmal angeseilt.

Die Austiefung des Schleusenbodens um 0,50 m und die ihm gegebene Form eines umgekehrten Gewölbes bewirken, dass unter dem Kiele der beladenen Schiffe eine Wasserschicht von mindestens 0,80 m verbleibt, ein Umstand, der in günstiger Weise zur Abschwächung des Anpralles und der Geschwindigkeit der Wassermassen beiträgt. Infolge dieser Anordnung laufen die Fahrzeuge keinerlei Gefahr, selbst wenn das Wasser sich mit einer Geschwindigkeit von 0,05 m in der Sekunde senkt oder hebt, und besonders wird die Gefahr vermieden, wenn man gleichzeitig entweder die unteren Schützen oder die oberen Schützen hebt und die Anzahl der Durchlässe zwischen der Schleusenammer und den Umläufen recht reichlich wählt.

Die Einführung von Zylinderschützen von 2 m Durchmesser und von 0,50 m Hubhöhe, sowie von Längsumläufen von  $\frac{1,40 \text{ m}}{2,40 \text{ m}}$  und von 8 Querleitungen von  $\frac{0,80 \text{ m}}{0,75 \text{ m}}$  zwischen jedem Umlaufe

und der Schleusenammer würde das Manövrieren mit dem Wasser wesentlich beschleunigen und den für die Arbeit der Sparbecken nötigen Mehraufwand an Zeit vermindern.

Träten zu diesen Verbesserungen noch elektrische Anlagen, um die Handhabung der ganzen Einrichtung von einer Centralstelle aus zu betreiben, so würde sich mit Gebrauch der Sparbecken die Gesamtdauer der Schleusungen um wenigstens 5 Minuten vermindern. Uebrigens würde die Benutzung der Sparbecken nur noch 1 Minute 30 Sekunden Mindestmehraufwand an Zeit erfordern. Auf diese Weise würde man dazu gelangen, die Durchfahrt eines talwärts oder bergwärts fahrenden Schiffes von 50 m oberhalb bis 50 m unterhalb einer Schleuse von 4,10 m in 12 Minuten zu bewerkstelligen, und dabei doch 44 % der Schleusenfüllung sparen.

Wir haben schon oben gesagt, dass beim Betriebe der Sparbecken nur einer der beiden zur Leerung und zur Füllung dienenden Umläufe benutzt wird.

Auf gewissen Schiffahrtsstrassen hat man Einrichtungen getroffen, um beide Umläufe zu benutzen. Hierbei dient einer der beiden oberen Schützen einzig zur Füllung der Schleusenammer und eine unter dem Boden der Schleuse bei den oberen Toren angebrachte Leitung stellt die Verbindung zwischen den beiden Umläufen her; der andere obere Schütze dient für das eine der Sparbecken.

Nach unserer Ansicht ist diese Einrichtung nicht empfehlenswert; der Gebrauch der beiden Umläufe vollzieht sich, sei es für die Füllung der Schleusenammer, sei es für die Benutzung der Sparbecken, nicht unter den gleichen Leistungsbedingungen.

Um die beiden Umläufe während des Betriebes der Sparbecken dienlich zu machen, ist es unerlässlich, diese zu beiden Seiten der Ufer anzubringen; eine solche Mehrheit von Sparbecken nimmt dem ganzen Werke nichts von seiner Einfachheit und verträgt sich vollständig mit einem regen Verkehre, besonders, wenn die Handhabung der Schützen mittels Elektrizität erfolgt.

Angesichts der für die Schleusen des Kanales von Charleroi festgestellten Schleusungsdauer glauben wir indessen, dass eine derartige Verteilung der Becken auf die Dauer der Schleusung von Schiffen von 350 Tonnen keinen merklichen Einfluss haben würde, und dass man daher sich dazu nur bei Schleusen von grösseren Abmessungen entschliessen sollte, wie z. B. derjenigen von Münster, welche zur Schleusung von Schiffen von 600 Tonnen dient und deren Kammer eine Länge von 72,50 m bei 8,60 m Breite hat.

Bei diesem letztgenannten Bauwerke, welches zur Ueberwindung eines Gefälles von 6,20 m dient, werden alle Vorrichtungen zur Handhabung von elektrischen Motoren betrieben, deren Kraft dadurch erzeugt wird, dass dieses grosse Gefälle auf eine Turbine wirkt. Nach den gemachten Feststellungen dauert eine vollständige Schleusung dort nicht einmal 9 Minuten, was die weiter oben für die Dauer der Schleusung mitgetheilten Resultate bestätigt.

Unzweifelhaft könnten die im Kanal von Charleroi vorhandenen Einrichtungen der Schleusen von 4,10 m und 4,50 m auch weit stärkeren Gefällen, selbst solchen von 8 und 10 m, angepasst werden, ohne dass dabei die eigenartige Einfachheit und Schlichtheit der Handhabung verloren gingen. Die oben beschriebenen Verbesserungen würden dann unumgänglich notwendig werden, wenn man die Dauer der Schleusenhandhabung nicht in fühlbarer Weise vermehren und besonders, wenn man bei jeder Schleusung eine Wassermenge von 66 % anstatt 44 % sparen wollte. Letzteres Resultat könnte leicht durch die Anlage von 4 Sparbecken erzielt werden (2 auf jedem Ufer), deren Handhabung höchstens 3 Minuten erfordern würde.

Da ferner die Dauer der Füllung oder der Leerung der Schleusenkommer keineswegs im Verhältnisse zu dem Gefälle steigt, so würde sie für einen Höhenunterschied von 10 m nur um etwa 2 Minuten verlängert werden.

Alle diese Angaben, welche sich auf bei vorhandenen Schleusen gemachte praktische Beobachtungen stützen, beweisen, dass es vollkommen möglich ist, ein Fahrzeug in 15 Minuten durch Schleusen von 8-10 m Gefäll zu bringen und dabei den Wasserverbrauch um 66 % zu vermindern. Die Menge des verbrauchten Wassers würde also derjenigen entsprechen, welche bei gewöhnlichen Schleusen von 2,40 m-3,40 m Fall üblich ist.

### **Leistungsfähigkeit der Schifffahrtsstrassen und Ausnutzung des Schifffahrtsmaterials.**

Die Durchfahrt durch mit den neuesten Vervollkommnungen ausgestattete Schleusen von 4-5 m Gefäll lässt sich bei einer Ersparung von 44 % der Schleusenfüllung in 12 Minuten ermöglichen ; diejenige durch Schleusen von 8-10 m ist in 15 Minuten ausführbar, bei einer Ersparung von 66 % des Wassers.

Die Beförderung eines Fahrzeuges durch die in Betrieb befindlichen Hebewerke dauert 15-20 Minuten ; diese Vorrichtungen vermindern also in gewissem Maasse die Leistungsfähigkeit der Schifffahrtsstrasse, dagegen sind sie im Interesse der Schiffer

insofern dienlicher, als sie ermöglichen, in einem ein wenig grösseren Zeitraume Höhenunterschiede zu überwinden, welche doppelt bis vierfach so gross sind ; bei sonst gleichen Bedingungen werden die Schiffe also weniger Zeit nötig haben, um eine Schiffahrtsstrasse zu durchfahren, wenn derartige Vorrichtungen vorhanden sind. Die sich hieraus ergebenden Vorteile sind indessen nicht von so grosser Bedeutung, dass man sie bei der Wahl zwischen Schleusen und Hebewerken in Betracht ziehen müsste.

Nehmen wir einmal einen Kanal von 250 km Länge an, dessen Scheitelhaltung bezw. 128 m und 80 m über den Industriezentren, welchen er dient, liegt, und setzen wir den Fall, dass diese Höhen entweder von 13 Hebewerken von 16 m oder von 26 Schleusen von 8 m Gefäll zu überwinden seien :

Der Durchgang durch 13 Hebewerke wird mindestens 195 Minuten erfordern, während derjenige durch die 26 Schleusen sich höchstens auf 390 Minuten stellt.

Bei im übrigen ganz gleichen Bedingungen werden die Hebewerke also einen Vorsprung von höchstens 3 Stunden 25 Minuten ermöglichen, während die Fahrt durch einen solchen Kanal, abgesehen von den Hebewerken, ungefähr 60 Stunden dauert.

Unserer Ansicht nach kann eine solche Zeitersparnis keinen wesentlichen Einfluss auf die Frachtpreise und die Frachtmenge ausüben.

### **Wasserbedarf bei Benutzung der Mittel zur Überwindung grosser Höhen. Geplante Verbesserungen und Einrichtungen zur Verminderung des starken Wasserverbrauches der Schleusen.**

Der einzige wirkliche Vorteil, welchen man für die zur Ueberwindung der grossen Gefälle benutzten mechanischen Hebewerke anführen kann, besteht in der Geringfügigkeit der Wassermenge, welche sie bei Beförderung der Fahrzeuge erfordern ; diese Menge ist unabhängig von der zu überwindenden Höhe.

So werden bei dem hydraulischen Hebewerke von La Louvière für jede Schiffshebung bei einem Gefälle von 15,40 m nur 205 cbm Wasser verbraucht, während Schleusen für den Verkehr von Schiffen von 350 Tonnen für jeden Meter zu überwindender Höhe 239 cbm erfordern.

Dieser Fehler der Schleusen wurde schon bei deren Erfindung erkannt und beschäftigte bereits die sich für die Entwicklung der Kanäle interessierenden Techniker jener Zeit.

Der erste Schritt zur Besserung wurde, glauben wir, in Belgien gemacht, als man im Jahre 1643 die Schleuse von Boesinghe auf dem Kanal von Ypern zur Yser anlegte; es wurden diesen Bauwerke, welches 6,50 m Fall hatte, zwei Becken angefügt, um ein Drittel des Schleusungswassers zu sparen.

Dieser Versuch wurde erst lange Zeit später auf einigen anderen belgischen Kanälen wiederholt, aber das Mittel fand kaum weitere Verbreitung, weil es sich mit einem lebhaften Schiffahrtsbetriebe nicht vertrug und beträchtliche Kosten verursachte.

Die für die beiden Sparbecken jeder der neuen Schleusen des Kanales von Charleroi getroffenen Anordnungen sind frei von besagten Misständen.

Die einfachen Einrichtungen lassen sich, ohne ihre Eigenart zu verlieren, derartig gestalten, dass sie bei Schleusen von 8-10 m Gefäll angewendet werden können, und zwar ohne dass dadurch die Gesamtdauer der Schleusungsmanöwer wesentlich verlängert wird, während andererseits der Wasserverbrauch auf das Maass zurückgeführt werden kann, welches für Schleusen von 2,70 m-3,40 m Fall notwendig ist.

Die Wasserersparnis, welche mittels an die Schleusen angeschlossener Sparbecken praktisch durchführbar ist, kann bei Kanälen in Gegenden mit sehr beschränkter Wasserversorgung noch unzureichend sein, um zur Entwicklung der Kanäle beizutragen. Schon seit langer Zeit hat man Untersuchungen und Studien angestellt, um die Ersparnis zu vermehren, und wenn möglich, sogar jeden Wasserverbrauch der Schleusen aufzuheben.

Jedermann kennt die zu diesem Zwecke durch die französischen Ingenieure Bétancourt (1807) und Girard (1843), sowie den englischen Ingenieur Busby (1813) ersonnenen Vorrichtungen, bei welchen ein einfacher oder aus übereinander liegenden Abteilungen bestehender Schwimmer in ein neben der Schleusenkammer liegendes Becken tauchte und durch seine Abwärts- und Aufwärts-Bewegung gestattete, die gewünschte Menge Wasser anzusaugen oder wegzudrücken, um in der Kammer den gleichen Wasserspiegel wie in der oberen oder in der unteren Haltung herzustellen.

Den Gedanken dieser Techniker aufnehmend, hat der Königliche Wasserbauinspektor Schnapp in Berlin auf dem Düsseldorfer Congresse ein sehr durchdachtes Mittel anempholen, wobei mittels eines aus Abteilungen bestehenden Schwimmers, welche Abtheilungen die in Seitenbecken enthaltenen Wasser-

mengen aufnehmen, der Wasserspiegel in der Schleusenkammer nach Belieben und ohne Entnahme aus der oberen Haltung geändert werden kann. Herr Schnapp hat in seiner Denkschrift dargelegt, dass bei einer Schleuse von 12,50 m Gefäll, welche Schiffe von 600-800 Tonnen aufnimmt und für eine Schleusung 8.500 cbm erfordert, die Anwendung seines Mittels nur 97 cbm Wasser für jede Schleusung oder eine durch eine Maschine von 45 effectiven Pferdekräften erzeugte Betriebskraft verbrauchen würde.

In gleichem Zusammenhange kann man die von dem französischen Ingenieur Burdin im Jahre 1830 ersonnene Vorrichtung nicht unerwähnt lassen, nach welcher bei den Schleusen der Grundsatz des zweischenkeligen Hebers angewendet werden sollte. Neben der Schleuse und mit der Schleusenkammer in Verbindung stehend, war ein kreisrunder Schacht vorgesehen, und auf diesem ruhte ein Gerüst, dessen Stützpfiler durch einen in dem Schachte beweglich aufgehängten Kolben gingen; die Wasserbewegung in der einen oder der anderen Richtung vollzog sich durch eine geringe Erhöhung oder Senkung des Wasserspiegels in der Schleuse.

Der Oberingenieur für Brücken- und Wegebau, Herr Nyssens-Hart in Brüssel, hat denselben Gedanken wieder aufgenommen, indem er an Stelle des aufgehängten Kolbens einen von unten gestützten und im Gleichgewichte erhaltenen setzt, auf welchen der nötige abwechselnde Druck ausgeübt wird, um die Hin- und Herbewegung des Wassers zwischen der Schleusenkammer und einem Schachte von gleichgrosser Oberfläche zu bewirken. Dieser Fachmann hat einen vollständig und lückenlos ausgearbeiteten Entwurf für eine Schleuse von 5,20 m Breite und 5 m Gefäll, für Fahrzeuge von 350 Tonnen bestimmt, geliefert, und dieser Entwurf ist in den *Annales des Travaux publics de Belgique*, Jahrgang 1887, erschienen. Die darin enthaltenen wohlbegründeten und sehr interessanten Angaben gelangen zu dem Schlusse, dass die Schleusung ungefähr nur 39 cbm Wasser erfordern würde.

Dieses Ergebnis würde ebenso wie das von Herrn Schnapp in Aussicht gestellte in Hinblick auf die Frage der Wasserversorgung sicherlich sehr bedeutungsvoll sein, wenn die praktische Ausführung der Entwürfe nicht zu Bedenken Anlass gäbe.

Unserer Ansicht nach haben diese auf den ersten Blick so verführerisch aussehenden Pläne den schweren Fehler, dass sie die Schleusen umwandeln, indem sie deren eigenartige Einfachheit und Derbheit aufheben, und dass sie für die Handhabung

bewegliche und empfindliche Organe, ähnlich den bei den Hebewerken angewandten, oder damit sogar vollkommen übereinstimmend, erfordern, welche in Hinblick auf den Gebrauch und auf den Betrieb folglich die gleichen Bedenken erregen; die Handhabung derartiger Vorkehrungen würde den häufig unwissenden und fast immer wenig sorgsam Wächtern nicht mehr anvertraut werden können, sondern wie diejenige der Hebewerke ein besonders geschultes Personal erfordern.

Wir fürchten schliesslich auch, dass alle diese sehr geistreichen Pläne, deren Wert durch Modelle und Versuche am grünen Tische befestigt worden ist und welche übrigens ihren Urhebern alle Ehre machen, doch viele Enttäuschungen mit sich bringen würden, wenn man sie im grossen ausführen wollte. Auf jeden Fall werden derartige Einrichtungen bedeutend höhere Anlage-, Unterhaltungs- und Betriebskosten verursachen, als die vervollkommensten Schleusen und dabei für die betreffenden Schifffahrtsstrassen nicht die gleiche Sicherheit bieten wie diese.

Soll man durch solche Umwandlung der Schleusen den Wasserverbrauch zu vermindern oder zu beseitigen suchen?

Wir glauben dies nicht, und unseres Erachtens ist es in Anbetracht der Fortschritte der modernen Wissenschaft möglich, die Kammerschleusen zum Zwecke der Vermeidung des Wasserverbrauches noch zu vervollkommen und auszubauen und ihnen dabei doch kräftige und wenig verwickelte Mechanismen zu belassen.

Die gegenwärtigen Berichte beigegebene Tafel stellt eine Schleuse dar von 4,50 m Fall, Fahrzeugen von 350 Tonnen dienend, mit zwei aneinander geschlossenen Sparbecken ausgerüstet, welche auf 1.075 cbm Wasser 475 cbm zu sparen gestatten, und mit Zylinderschützen, Umläufen, sowie Querleitungen von hinreichendem Querschnitte versehen, um die Wasserzuführung bzw. Abführung bei den Schleusungen auf das geringste Maass zurückzuführen.

Derartige Einrichtungen sind im stande, einen bedeutenden Verkehr zu vermitteln, sobald die Länge der Haltungen eine derartige ist, dass die Schiffe diese ohne Aufenthalt in dem Zeitraume, welcher für die Ueberwindung der Gefälle notwendig ist, durchfahren können.

Ein täglicher Verkehr von 40 Schiffen, wovon drei viertel 350 Tonnen Ladung führen und von denen jeweils die Hälfte einander an den Schleusen begegnet, während die andere Hälfte sowohl in der einen wie in der anderen Richtung in Fahrt befind-

lich ist, lässt sich leicht in 8 Stunden oder aber in 10 Stunden abwickeln, je nachdem die Sparbecken benutzt werden oder nicht. Ein solcher Verkehr entspricht einer Tagesleistung von  $30 \times 350 = 10.500$  Tonnen, also einem jährlichen Verkehr von 3.150.000 Tonnen in 300 Schifffahrtstagen.

Die Schifffahrt in soeben angegebenen Umfange wird für die Schleusenfüllungen bei jeder Schleuse täglich 32.250 cbm Wasser erfordern ; durch die Handhabung der Sparbecken wird dieser Verbrauch auf 18.060 cbm vermindert werden.

Wenn die Speisungsverhältnisse zu beschränkte sind, um einen derartigen täglichen Wasserverbrauch zu ertragen, oder wenn die Schwierigkeiten der Wasserbeschaffung zu gross sind, oder deren Ueberwindung zu kostspielig, so erscheint es uns leicht und praktisch, als Ergänzung zu den Schleusen Einrichtungen zu treffen, welche das von oben nach unten gegangene Wasser wieder nach oben führen. Zu diesem Zwecke richtet man unter einer in der unteren Mauer vorgesehenen Kammer eine in unmittelbarer Verbindung mit der unteren Haltung stehende Senkgrube her. Zwei in dieser Kammer in Bankethöhe stehende und durch Dynamomaschinen betriebene Centrifugalpumpen können jede innerhalb 12 Stunden die Hälfte der Gesamtwassermenge in eine Druckleitung pumpen, welche Leitung 1 m Durchmesser hat, aus armiertem Beton hergestellt ist, die Schleusenmauer entlang läuft und oben 0,20 m über der normalen Wasserlinie in ein in der Mauer vorgesehenes offenes Ausflussgerinne endigt. Diese Einrichtung hat den Vorteil, dass sie im Falle eines Stillstandes der Pumpen diese ganz von der oberen Haltung abscheidet ; bei Anwendung einer unter dem Wasserspiegel liegenden Ausflussleitung könnte eine solche Isolierung nur durch Ventilanlagen erzielt werden, welche nicht die gleiche Sicherheit bieten würden. Unter der besagten Ausflussleitung bringt man durch Klappen verschlossene Grundöffnungen an, um die Füllung der Leitung und die Wirkung der Pumpen zu ermöglichen, und das gleiche geschieht zwischen dem Druckwasserbecken und der unteren Senkgrube, um die vollständige Leerung der ganzen Anlage zu gewährleisten. Verlathe (Schützen) verhindern jede Verbindung zwischen dem besagten Becken und der einen oder der anderen Pumpe, und durch Ventile wird die Abschliessung der Senkgrube in der unteren Haltung gesichert.

Die Dynamomaschinen stellt man in einem kleinen auf dem Schleusengelände zu errichtenden Häuschen auf ; der ganze Betrieb kann in diesem Häuschen vereinigt werden, was für die

Beschleunigung desselben nur vorteilhaft sein wird, da der Wächter dann keine Zeit mehr zu verlieren braucht, um zum Zwecke der ihm obliegenden verschiedenen Vornahmen von einem Apparate zum anderen zu gehen. Leicht anzubringende Wasserstandsanzeiger ermöglichen dem Wächter, den Wasserstand in den Haltungen der Schleusenammer und den Sparbecken und ebenso alle sich einstellenden Schwankungen zu überwachen.

Auf diese Weise werden die elektrischen Apparate so aufgestellt sein, dass ihre leichte Zugänglichkeit, ihre Unterhaltung und ihr Schutz vor schädlichen Einflüssen gesichert erscheinen.

Unsere Zeichnung veranschaulicht die Gesamtheit dieser Anlagen, deren jährliche Betriebskosten wir in nachfolgenden Zeilen berechnen wollen.

Jede Gruppe von Apparaten soll in der Sekunde ungefähr

$$\frac{18060}{2 \times 12 \times 60 \times 60} = 209 \text{ Liter ergeben.}$$

Die Geschwindigkeit des Wassers in der Zufuhrleitung von 3 qm 57 Querschnitt ist  $\frac{0,418}{3 \text{ qm} 57} = 0,117 \text{ m}$ , d. h. unbedeutend in Hinblick auf die Fahrt der Schiffe.

Nimmt man an, dass der Stand des Wassers in dem Ausflussgerinne 0,15 m Höhe habe, so ergibt sich die Breite dieses oberen Gerinnes als

$$l = \frac{Q}{2953 \times \Theta \times H^{3/2}} = \frac{0,418}{2953 \times 0,665 \times \sqrt{0,15^3}}$$

$$= \frac{0,418}{0,114} = 3,66 \text{ m.}$$

Setzt man nun eine Breite von 4 m fest, so wird die Ankunfts-  
geschwindigkeit des Wassers in der oberen Haltung ungefähr

$\frac{4,00 \times 0,15}{0,418} = 0,70 \text{ m}$  sein. Dieses Wasser wird sich an der Oberfläche in Wellen verteilen, deren Kraft sich sehr schnell so weit mildert, dass für den Verkehr der Schiffe keine Unzuträglichkeiten eintreten.

Die Höchstgeschwindigkeit des Wassers in der Druckleitung wird  $\frac{0,418}{\pi R^2} = \frac{0,418}{0,785} = 0,53$  sein. Der Verlust an Druckhöhe in dieser Leitung und in den Saug- und Druckröhren der Pumpen wird sich auf höchstens 0,10 m belaufen. Nimmt man für jede Haltung Schwankungen von 0,20 m über oder unter Normalstand an, so ergibt sich das Maximum der Wasserhebung mit  $0,20 \text{ m} + 4,50 + 0,10 + 0,20 + 0,15 = 5,15 \text{ m}$ .

Die Hebeleistung jeder Gruppe wird sich in der Sekunde auf

209 × 5,15 = 1.071,35 km stellen. Bei normalem Gange haben die Centrifugalpumpen eine Leistung von 0,6 ; die von jeder Dynamomaschine zu liefernde Kilogrammometerzahl wird pro Sekunde sein  $\frac{1071 \text{ km} 35}{0,6} = 1.785 \text{ kgmt}$ . Die Dynamos können derartig gebaut und eingerichtet sein, dass sie eine Nutzleistung von mindestens 80 % ergeben ; unter dieser Bedingung wird die in der Sekunde in Kilometern zu liefernde Kraft  $\frac{1785}{0,80} = 2.231 \text{ kgmt}$  sein oder in Watt  $2231 \times 9 \text{ w} 81 = 21886 \text{ w} 11$ , d. h. rund 21 Kilowatt 89.

Der Kraftverbrauch jedes Triebes wird also in einem Zeitraume von 12 Stunden  $21 \text{ kw} 89 \times 12 \text{ St.} = 262 \text{ kwst.} 68$  sein, für beide Gruppen somit 525 Kilowattstunden 36.

Die von der Wissenschaft bei Bau und Einrichtung der grossen elektrischen Centralstationen, bei welchen Brennstoffe die Kraft liefern, wie auch bei der Uebertragung hochgespannter elektrischer Ströme auf weite Entfernungen gemachten Fortschritte gestatten heutzutage, die Kilowattstunde bis zur Welle der Dynamomaschine zum Preise von 0,06 fr. zu liefern ; dieser Satz würde noch beträchtlich niedriger sein, wenn man in der betreffenden Gegend über genügende und leicht ausnutzbare natürliche Kräfte zur Erzeugung der nötigen elektrischen Kraft verfügte.

Wie dem auch sei, wird die tägliche Höchstaussgabe bei dem gegenwärtigen Zustande der Kohlen benutzenden elektrischen Centralen für die beiden Apparatgruppen jeder Schleuse  $525 \text{ kwst} 36 \times 0,06 = \text{fr.} 31,52$  betragen.

Wenden wir das hier empfohlene System nun einmal auf eine Schifffahrtsstrasse an, welche mit einer Reihe von 15 Schleusen zur Ueberwindung eines Höhenunterschiedes von 64,70 m ausgestattet ist, und ziehen wir hinsichtlich der Ausgaben einen Vergleich mit einer Schifffahrtsstrasse, wo derselbe Höhenunterschied durch 4 Hebewerke von je 16,175 m überwunden wird.

Der tägliche Aufwand für die Wiederhebung des Schleuungswassers wird sich bei den Schleusen auf  $31,52 \times 15 = \text{fr.} 472,80$  belaufen, die jährliche Ausgabe wird daher für 300 Schifffahrtstage 141.840 fr. erreichen, also die Zinsen einer Summe von 4.728.000 fr.

Dies nun ist der höchstmögliche Satz, denn es ist wenig wahrscheinlich, dass es Gegenden gibt, wo die Zeiten grossen Wassermangels eine derartige Länge haben.

Andererseits erfordert jedes Hebewerk mindestens einen Was.

serverbrauch von 205 cbm für jeden Aufstieg oder Abstieg, d. h. eine von oben nach unten fließende Wassermenge von täglich 6.150 cbm.

Wenn ein solcher Verbrauch für die Schleusen zugestanden würde, so ergäbe sich für die täglichen Kosten der Wiederaufpumpung des Wassers eine Verminderung um  $\frac{472.80 \times 6150}{18060} =$

161 fr, also ein Kostenbetrag von 311,80 fr. Die Jahreskosten würden nur noch 93.540 fr, also die Zinsen eines Kapitals von 3.118.000 fr, betragen.

Was die Kosten der ersten Anlage anbetrifft, so kostet eine mit allen oben beschriebenen Vervollkommnungen ausgestattete Schleuse einschliesslich Pumpen und Zubehör, Dynamomaschinen, Transformatoren, Schaltbretter, u. s. w., 250.000 fr, was eine Gesamtausgabe von  $250.000 \times 15 = 3.750.000$  fr ergibt; die 4 Hebewerke verursachen mindestens einen Kostenaufwand von 6.000.000 fr, also 2.250.000 fr mehr als die Schleusen.

Zu diesem Unterschiede muss man noch die natürlich höheren Kosten für den Bau des Kanales zwischen den Hebewerken hinzurechnen; gewöhnlich bedingen die starken Gefälle bedeutendere Erdabtragungen und Aufschüttungen und gestatten nicht, dass man der natürlichen Bodengestalt so folgt, wie man es bei dem geringeren Gefälle der Schleusen tun kann.

Der Rahmen gegenwärtigen Berichtes erlaubt uns nicht, noch näher auf diesen Punkt und auf die Frage der Kosten der Unterhaltung und der Tilgung für die Apparate einzugehen; jedenfalls sind diese bei den Hebewerken weit höher als bei den Schleusen.

Die oben angegebenen Zahlen genügen unserer Meinung nach, um zu beweisen, dass die in der Anlage von Hebewerken liegende Lösung der Frage offenbar hinter derjenigen zurückbleibt, welche durch den Bau von Schleusen mit Einrichtungen zur vollständigen Wiederhebung des für die Schleusungen nötigen Wassers geboten wird, und zwar nicht nur hinsichtlich der Kosten zurückbleibt, sondern auch hinsichtlich der Speisungsverhältnisse.

Dieses Verhältnis würde noch stärker zu Tage treten, wenn man den Höhenunterschied durch 8 Schleusen von 8,09 m Gefälle überwinden wollte und jeder Schleuse 4 Sparbecken gäbe, welche 66 % jeder Schleusenfüllung sparen würden.

Den oben gemachten Aufstellungen entsprechende Berechnungen zeigen, dass der angegebene tägliche Schiffsverkehr für die Schleusenfüllungen 58.020 cbm erfordern würde; durch die Benutzung der Sparbecken liesse sich diese Menge auf 19.740 cbm

vermindern, welche durch die beiden Gruppen von Apparaten in 12 Stunden zurückzupumpen wären; es ergäbe sich also in der Sekunde für jede Gruppe eine Menge von 228 Litern.

Der Kraftverbrauch bei jeder der Triebmaschinen würde innerhalb 12 Stunden 492 kwst 12, für die beiden Gruppen also 984 kwst 24 betragen, woraus sich für die Wiederaufpumpung des Wassers bei jeder Schleuse ein Kostenaufwand von 59,05 fr. ergäbe. Die täglichen Gesamtkosten bei den 8 Schleusen würden 472,40 fr betragen und sich für 300 Schifffahrtstage auf 141.720 fr, also die Zinsen eines Kapitals von 4.724.000 fr, belaufen.

Wenn man für diese Schleusen von 8,09 m denselben Wasserverbrauch wie bei den Hebewerken annähme, so würden die Kosten für die Wiederhebung des Wassers per Tag nur 323,42 fr und per Jahr 97.026 fr betragen, was den Zinsen eines Kapitals von 3.234.200 fr entspricht. Die Kosten der ersten Anlage für 8 Schleusen von 8,09 m betragen 3.210.000 fr, also 630.000 fr weniger als diejenigen der zuerst erwähnten 15 Schleusen, und 2.880.000 fr weniger als die der 4 Hebewerke.

Die in der Weise, wie oben kurz angegeben, ausgestatteten Kammerschleusen werden immer noch einfache und widerstandsfähige Bauwerke sein, bei welchen keine empfindlichen und schwer zu ersetzenden Teile vorhanden sind; ihre Handhabung wird sich mit Sicherheit und ohne die Hilfe geschulten Personals durch einfache Schleusenwächter bewerkstelligen lassen, welche vollkommen im stande sind, den elektrischen Strom in die verschiedenen Betriebsmaschinen zu lenken und die verschiedenen Betriebsteile zu schmieren, wie sie das ja auch bei den gegenwärtigen Schleusen tun.

Nach den oben gemachten Angaben und unter Zugrundelegung der gegebenen Beispiele würde sich der Preis des Kubikmeters aufgepumpten Wassers auf 0,025 fr stellen.

### **Schlussfolgerungen.**

Die obigen Betrachtungen zeigen, dass es möglich ist, Kammerschleusen von 8-10 m Gefäll ohne Anhäufung empfindlicher Betriebsteile zu bauen und doch auf schnelle Weise 66 % der Schleusenfüllung zu sparen.

Diese Schleusen können ebenso wie diejenigen von 4-5 m Gefäll leicht durch einfache und widerstandsfähige mechanische Einrichtungen ergänzt werden, welche, durch Elektrizität betrieben, im stande sind, unter befriedigenden wirtschaftlichen

Bedingungen den nicht ersparten Teil des Schleusungswassers von unterhalb der Schleuse wieder nach oberhalb derselben zurückzubefördern.

In Hinblick auf die Speisungsverhältnisse ist die Lösung der Frage durch derartig eingerichtete Schleusen die empfehlenswerteste; im allgemeinen wird sie in finanzieller Beziehung derjenigen überlegen sein, bei welcher man zur Ueberwindung grosser Höhenunterschiede im Bau künstlicher Schifffahrtsstrassen senkrechte Hebewerke vorsieht.

Brüssel, den 31. Dezember 1904.

(Gez.) EM. LEFEBVRE.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY

1911 - 1912

1911 - 1912

S. 61









Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**II-349879**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299423