

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFFAHRTS - CONGRESSE

X. CONGRESS-MAILAND-1905

I. Abteilung : Binnenschifffahrt
3. Frage

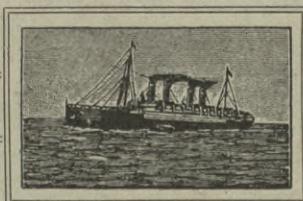
DIE SYSTEME,
die zum Ausgleich der grossen Höhenunterschiede
ZWISCHEN DEN KANALHALTUNGEN GEEIGNET SIND

BERICHT

VON

Leveson Francis VERNON-HARCOURT, M. A., M. Inst., C. E.

NAVIGARE



NECESSE

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

1905



II - 349872

~~II - 349872~~

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299428

DPK-B-362/2017

UNTERSUCHUNG DER ZWECKMÄSSIGSTEN METHODEN

ZUR

Ueberwindung grosser Höhenunterschiede in den Wasserspiegeln von Kanälen ZWISCHEN DEN KANALHALTUNGEN

BERICHT

VON

Leveson Francis VERNON-HARCOURT, M., A. M. inst. C. E.

Obgleich dieses Thema auf dem Kongress zu Düsseldorf im Jahre 1902 in 13 Vorträgen und einem General-Bericht erörtert worden ist, hat seitdem das Interesse daran bedeutend zugenommen infolge grosser Preise, welche das österreichische Handelsministerium im Jahre 1903 für die besten Vorschläge zur Ueberwindung eines Höhenunterschiedes von 35,9 m (117 $\frac{4}{5}$ Fuss) ausschrieb, nämlich zwischen zwei Haltungen des projektierten Donau-Oder Kanals bei Aujezd, in der Nähe von Prerau, wo das Terrain durch einen ziemlich gleichmässigen Abhang gebildet wird, und besonders durch die zahlreichen die verschiedensten Konstruktionen enthaltenden Eingaben, die in Wien im März 1904 als Antwort auf jene Aufforderung einliefen. Die entschiedene Vorliebe, welche mehrere Redner auf dem Düsseldorfer Kongress an den Tag legten für eins der drei Systeme: Schleusen, Hebewerke und geneigte Ebenen, zur Verbindung zweier in ihrer Höhenlage beträchtlich von einander alweichender Kanalhaltungen, wobei sie die beiden andern unter jeder Bedingung ausschlossen, und die grossen Abweichungen in den Vorschlägen für den projektierten Donau-Oder Kanal, trotz der sehr bestimmt gehaltenen Bedingungen für Lage und Weg des Kanals, weisen darauf hin, wie wichtig es ist zu prüfen, ob nicht jedes der drei Systeme sich für gewisse besondere Bedingungen speziell eignet, sodass, wenn die passenden Erfordernisse an irgend einem Orte klar hervor treten, die Wahl des Systems nicht dem Zufall der persönlichen Vorliebe überlassen zu werden braucht, sondern auf wissenschaftlicher Grundlage in Uebereinstimmung mit den in jedem besonderen Falle herrschenden Umständen bestimmt wird. Es ist daher beabsichtigt, in Folgendem die Bedingungen nacheinander kurz zu betrachten,

cf. 3681/51

welche am geeignetsten erscheinen, sowie diejenigen, welche unvorteilhaft sind für die Anwendung eines der drei Systeme : Schleusen, Hebewerke, und geneigte Ebenen zur Ueberwindung beträchtlicher Unterschiede zwischen den Kanalwasserspiegeln.

Bedingungen für die Wahl von Schleusen für Kanäle.

Günstige Bedingungen für Schleusen.

Unzweifelhaft gewähren Schleusen die bequemste und dauerhafteste Methode, Schiffe von einer Kanalhaltung zur andern zu bringen, vorausgesetzt, dass reichlich Wasservorrat vorhanden, oder das Gefälle des von dem Kanal durchquerten Geländes im Allgemeinen ein sanftes ist, oder dass ziemlich lange Kanalstrecken zwischen Schleusen mit mässigem Hub angelegt werden können. Es sind dies die Bedingungen, welche besonders bei kanalisierten Flüssen bestehen, namentlich im unteren Teile ihres Laufes und auch gewöhnlich bei Seitenkanälen, die ihren Wasservorrat aus den Flüssen entnehmen, deren Stelle sie ersetzen. Die eigentlichen Schiffahrtskanäle, die bisher gebaut sind, liegen, mit nur einer Ausnahme, durchweg im selben Niveau, entweder als vollkommen offene Wasserwege, wie es der Fall ist bei den Kanälen von Suez und Corinth, oder mit blossen Regulierungs-Schleusen, wie bei den Kanälen von Amsterdam, dem Nord-Ostsee Kanal und dem von Brügge. Bei dem Manchester Schiffahrtskanal, der vermittelt Schleusen ins Land hinaufsteigt, sind die Bedingungen vorhanden, welche oben, als für das Schleusensystem günstig, genannt wurden ; und der im Bau befindliche Panama-Kanal durchquert ein Land, dessen physische Beschaffenheit dadurch ziemlich passend für die Annahme des Schleusensystems gemacht werden kann, dass der am höchsten gelegene Wasserspiegel des Kanals in einen tiefen Einschnitt der ziemlich niedrigen Gebirgskette gelegt wird, die die Wasserscheide an der schmalsten Stelle der Landenge zwischen dem Atlantischen und dem Grossen Ocean bildet. Auch die St. Mary und Sault Ste. Marie Kanäle, die den Oberen und Huron See miteinander verbinden, den Schiffahrtskanälen ähneln und einen sehr grossen Verkehr gestatten, sind unter den sehr günstigen Bedingungen eines unbeschränkten Wasservorrats vom Oberen-See und dem mässigen Höhenunterschiede der Wasserspiegel beider Seen von 5,49 m (18 Fuss) jeder mit einer Schleuse versehen.

*Ungünstige Bedingungen für Schleusen in der Nähe
der Wasserscheide zweier Flussgebiete.*

Wenn es jedoch gewünscht wird, die Binnenschifffahrt durch Verbindung zweier schiffbarer Flüsse mittelst eines Kanals quer zu ihrer Wasserscheide auszudehnen, dann zeigen sich zwei für die Anwendung von Schleusen ungünstige Umstände, wenn man sich der Wasserscheide nähert, nämlich eine wachsende Abschüssigkeit des aus dem Tal aufsteigenden Geländes und damit ein grösserer Wassermangel, da das Areal des Sammelgrundes nahe der Grenze des Beckens sehr beschränkt wird. Unter diesen Umständen müssen die Schleusen viel dichter angeordnet werden, oder sie müssen beträchtlich höheren Hub, erhalten; daher werden Einrichtungen getroffen zur Ersparnis eines Teiles des zum Schleusen erforderlichen Wassers, für welches bisweilen durch den Bau von Sammelbecken gesorgt werden muss. Diese Vermehrung der Schleusen und die Anlagen, um den nötigen Wasservorrat zu sichern und den Wasserverlust beim Schleusen zu verringern, vergrössern sehr die Baukosten der Kanäle längs des oberen Teiles des Flussbeckens, denen sie zur Verbindung dienen; die Durchfahrt der zahlreichen Schleusen bildet eine beträchtliche Verzögerung für die Schifffahrt.

Schleusen mit grossem Hub.

Der Bau von Schleusen mit grossem Hub ist bisher nur unter aussergewöhnlichen Umständen angewendet worden; obgleich nun durch solches Zusammenziehen der Niveauwechsel auf eine kleinere Anzahl von Plätzen und Verringerung der Schleusenzahl die mit dem Durchschleusen verbundenen Verzögerungen vermindert werden, so wachsen doch die Kosten für den Bau der Kanalstrecken zwischen diesen Schleusen beträchtlich, da ein Kanal mit weniger Niveauwechsel viel weniger gut dazu geeignet ist, der Oberfläche des Terrains mit seinem stets wechselndem Niveau zu folgen, als ein Kanal mit einer grossen Anzahl von Schleusen mit kleinem Hub.

Bis heute ist der grösste Hub, der einer Kanalschleuse des St. Denis Kanals; er beträgt 9,92 m (32 1/2 Fuss) und die Schleuse hat eine Kammer von 58,50 m (192 Fuss) Länge, und 8,20 m (27 Fuss) Breite, mit einer nutzbaren schiffbaren Tiefe von 3,20 m (10 1/2 Fuss). Dieser grosse Hub wurde deshalb notwendig,

weil es an dem betreffenden Orte an dem Raum mangelte, welcher für ein hydraulisches Hebewerk mit zwei einander das Gleichgewicht haltenden Trögen nötig gewesen wäre. Eine viel grössere Schleuse mit einem Hub von 8,90 m (29 1/2 Fuss) ist ganz kürzlich an einem Seitenkanal für die Schifffahrt der Moldau gebaut mit einer nutzbaren Tiefe von 2,10 m (7 Fuss) nahe der Mündung dieses Flusses in die Elbe, wo die grosse Schleusenammer 225 m (738 Fuss) lang und 20 m (65 2/3 Fuss) breit ist; aber in diesem Falle ist für einen reichlichen Wasservorrat durch die Moldau gesorgt. Auch die jüngsten Vorschläge für die Schleusen des Panama-Kanals hatten, bevor die Vereinigten Staaten die Oberaufsicht über das Werk übernahmen, einen Maximalhub von 9,14 m (30 Fuss) angenommen; und auch bei dieser Gelegenheit wird die Aufspeicherung der reichlichen Flut des Chagres Flusses in Sammelbecken den erforderlichen Wasservorrat zum Schleusen liefern. Die von den Vereinigten Staaten im Jahre 1897 ernannte Kommission zur Vorbereitung eines Projektes für einen tiefen Kanal zur Verbindung der grossen Seen mit dem atlantischen Ocean empfahl die Annahme von zwei doppelten Gruppen von zwei und sechs Schleusen mit Hubhöhen von 12 m (39 2/5 Fuss), bezw. 12,2 m (40 Fuss) für jede Schleuse der beiden Gruppen, um den Höhenunterschied des Niagara Flusses von 97,2 m (318 4/5 Fuss) unterhalb und oberhalb der Fälle auf dem projektierten Seitenkanal zu überwinden, der seinen Wasservorrat zum Schleusen aus dem Flusse entnehmen sollte. Dabei war vorgeschlagen, dass der projektierte Schleusentyp bis zu einem Hub von 15,85 m (52 Fuss) sollte ausgedehnt werden können. Ein noch grösserer Hub von ungefähr 17,95 m (59 Fuss) ist ausserdem projektiert für Schleusen des Donau-Oder Kanals.

Von den obenerwähnten Kanalschleusen mit grossem Hub sind nur die beiden ersten wirklich ausgeführt worden; und diese sind unter ganz besonderen Bedingungen angenommen und als einzig dastehende Werke ausgeführt. Was ausserdem den Panama-Kanal anbetrifft, so ergeben, bei dem gegenwärtigen Stande der Ingenieurkunst, nur Schleusen ein durchaus zuverlässiges Mittel, das die grössten Seeschiffe dazu befähigt, die Höhenunterschiede zwischen den Kanalstrecken zu überwinden, obwohl der Entwurf des verstorbenen Eads für Schiffseisenbahnen quer über die Landenge von Tehuantepec in Mexico, weit nordwestlich von Panama, eine vollkommen andere Methode zum Transport von Schiffen von einem Ocean zum andern ins Auge fasste. Auch die Kosten, die für die Schleusen des Panama-Kanals verwandt werden müssen, sind ganz neben-

sächlich bei einem so grossen Unternehmen, auch ein reichlicher Wasservorrat kann zum Schleusen aufgespeichert werden.

Schleusen unter gewöhnlichen Bedingungen, bei denen ein grosser Hub angenommen ist, der notwendigerweise den unteren Teil der Tore stark belastet, würden ganz besondere und kostspielige Einrichtungen zum schnellen und sicheren Entleeren und Füllen ihrer Kammern erfordern, während in Lagen, bei denen gar ein zufälliger Wassermangel eintreten könnte, die Aufstellung von mehreren Seitenbassins mit genügendem Inhalt, um in ausreichendem Maasse den Wasserverbrauch beim Schleusen zu reduzieren, eine grosse Erweiterung des Baues und sehr komplizierte Maschinen notwendig machen würde, um mit der erforderlichen Genauigkeit das Füllen und Entleeren der verschiedenen Seitenbassins zu regulieren. Unter solchen Bedingungen hören Schleusen gänzlich auf, die sehr einfachen und dauerhaften Werke zu sein, als welche sie von denen beständig dargestellt werden, die in den Schleusen das einzige anwendbare System zum Transporte von Schiffen aus dem einen Kanallaufe in den nächsten sehen.

Beschränkungen in der Anwendbarkeit von Schleusen für Kanäle.

Die hauptsächlichste Verbesserung, die in den letzten Jahren beim Bau wichtiger Kanäle gemacht ist, abgesehen von der Vergrösserung der Tiefe und der Schleusen, hat darin bestanden, die Zahl der Schleusen zu reduzieren und dementsprechend ihren Hub zu vergrössern: entweder wie beim Bau des St. Denis Kanals durch Zusammenziehen des Hubes einer Gruppe von zwei oder mehr Schleusen in eine einzige, wobei die Lage und Länge der Kanalstrecken unverändert bleibt oder durch Ersetzen einer Zahl von einzelnen durch Kanalstrecken von einander getrennten Schleusen durch weniger Schleusen mit grösserem Hub, wie dies bei der Verbreiterung des Charleroi-Brüssel Kanals ausgeführt ist, eine Anordnung, wobei eine Verlängerung der Kanalstrecken und eine beträchtliche Aenderung in ihrer Lage zu der Oberfläche des Geländes bedingt wurde (1). Grösserer Hub als früher ist natürlich auch für Schleusen neuer Kanäle angewandt, wie z. B. beim Bau

(1) Moyens de racheter les grandes différences de niveau. Les écluses à grande chute de Charleroi à Bruxelles, *Congrès de Navigation*, Düsseldorf, 1902, 1^{re} Section, 1^{re} question, rapport par E. LEFEBVRE.

des Marne-Saône Kanals, für welchen man im Jahre 1894 schliesslich Schleusen mit grossem Hub den Entwürfen von Hebewerken und geneigten Ebenen vorzog, wie sie zu einer Preisbewerbung vorgelegt wurden, die vom Minister der öffentlichen Arbeiten in Frankreich veranstaltet war und zwar für den besten Vorschlag zur Ueberwindung eines Höhenunterschiedes von 41 m (134 1/2 Fuss) in dem Abhang nach dem Saône Fluss hin von dem höchsten Punkte des Kanalniveaus aus (2).

Die beiden doppelten Gruppen von zwei Schleusen des St. Denis Kanals wurden durch zwei einzelne Schleusen ersetzt, mit Hubhöhen von 4,3 m (14 Fuss) und 4,5 m (14 3/4 Fuss); die 28 Schleusen, die ein Gefälle von 64,55 m (211 4/5 Fuss) im Charleroi-Brüssel Kanal überwinden, und die sich von der Wasserscheide, zwischen den Flüssen Sambre und Senne den Abhang des Sennebeckens hinunter auf eine Entfernung von 16 Kilometern (beinahe 10 engl. Meilen) erstrecken, sind durch 15 Schleusen ersetzt; 7 von diesen haben einen Hub von 4,10 m (13 1/2 Fuss) und 8 einen solchen von 4,50 m (14 3/4 Fuss), und jede Schleuse ist mit zwei Seitenbassins versehen. In dem genehmigten Projekte für das Gefälle von 41 m (134 1/2 Fuss) des Marne-Saône Kanals, auf eine Entfernung von 4 Kilometern (2 1/2 engl. Meilen) den oberen Abhang des Saône Beckens hinab, sind 8 Schleusen mit einem Hub von je 5,125 m (16 4/5 Fuss) vorgesehen.

Früher hat man beim Umbau der Schleusen des *Canal du Centre* in Frankreich, um ihnen normale Abmessungen zu geben, in 13 Fällen eine Schleuse mit 5 m (17 Fuss) Hub gebaut, als Ersatz für zwei mit dem halben Hub, längs bestimmter Teile des Kanals, wo die einzelnen Haltungen unverhältnismässig kurz waren.

Am Schlusse eines gutdurchdachten Berichtes über die verschiedenen zum Wettbewerb eingereichten Projekte für den Marne-Saône Kanal gab G. Cadart der Meinung Ausdruck, dass, mit Rücksicht auf den ausreichenden Wasservorrat und die passenden Längen, welche in diesem Falle für die Kanalstrecken vorgesehen werden konnten, diese Schleusen die beste Lösung des Problems bedeuteten, und gab zu, dass ein Hub von ungefähr 5 m (16 1/2 Fuss) annähernd die äusserste Grenze

(1) Ascenseurs, plans inclinés et écluses pour le rachat de grandes chutes des canaux. Chutes des 41 mètres de la descente en Saône du canal de la Marne à la Saône, GUSTAVE CADART, *Nouvelles Annales de la Construction*, Paris, 1898.

für Schleusen im gewöhnlichen Kanalbau ist, denn wenn Schleusen ein bedeutend grösserer Hub gegeben wird, so wachsen ihre Kosten pro Einheit der Höhe bedeutend an, und sie werden komplizierte Mechanismen, anstatt einfacher und dauerhafter Werke (1).

Darin besteht also eine weitere Beschränkung in der Anwendung von Kanalschleusen, ausser dem Wassermangel, was vollkommen anerkannt ist; überdies sind zahlreiche Schleusen nicht sehr geeignet als Strasse für einen grossen Verkehr oder für eine schnelle Beförderung.

Einfluss des Gefälles auf die Wahl des Systems.

Uebertriebene Wichtigkeit scheint allgemein der Höhe beigelegt zu werden, die von dem Kanal überstiegen werden muss, indem diese in den Vordergrund gestellt wird, wie z. B. die Höhe von 41 m (134 1/2 Fuss) bei dem Marne-Saône-Kanal-Wettbewerb und der von 35,9 m (117 3/4 Fuss) in dem Wettbewerb beim Donau-Oder Kanal; und doch ist sie nur eins der beiden wesentlichen Elemente, von welchen die Wahl der Methode zur Ueberwindung der Höhenunterschiede abhängt. Unzweifelhaft ist die Höhe der niedrigsten Stelle der die beiden Flüsse trennenden Hügelkette der erste Punkt, dem Beachtung geschenkt werden muss, wenn man die Ausführbarkeit der Verbindung zweier naheliegender Schifffahrtswege in Erwägung zieht; denn ein grosser Höhenunterschied zwischen dem angenommenen Anfangspunkte des Kanals an einem der Flüsse und dem höchsten Punkte der Wasserscheide zwischen ihnen könnte allein schon genügen, um die Untauglichkeit eines solchen Projektes zu beweisen, besonders heutzutage, wo Kanäle mit Eisenbahnen in Wettbewerb treten müssen, die um so vieles besser geeignet sind, durch ihre Steigungen und scharfen Kurven, zu grossen Höhen empor zu gelangen mit einem mässigen Aufwand von Erdarbeiten, als Kanäle, welche gezwungen sind, auf einer Reihe von Stufen hinaufzusteigen und nur leichte Krümmungen enthalten dürfen. So ist es beim Main-Donau Kanal; obgleich er dazu dient, zwei der grössten und wichtig-

(2) Ascenseurs, plans inclinés et écluses pour le rachat des grandes chutes des canaux. Chute de 41 mètres de la descente en Saône du canal de la Marne à la Saône, GUSTAVE CADART, *Nouvelles Annales de la Construction*, Paris, 1898, pp. 176, 177 et 180.

sten Schifffahrtswege Europas, nämlich diejenigen des Rheins und der Donau, zu verbinden, so hat er doch niemals viel Verkehr aufzuweisen gehabt und würde jetzt wohl kaum als passende Strasse für einen grossen Wasserweg gewählt werden, sowohl mit Rücksicht auf das Hindernis, das die Steigung von 183 m (601 Fuss) vom Main bei Bamberg bis zur Wasserscheide bietet, als auch auf den beträchtlichen Fall und die geringe nutzbare Tiefe der oberen Flussläufe des Mains und der Donau. Auch die Höhe der Wasserscheide von 186 m (610 Fuss) über dem Meeresspiegel beim *Canal du Midi* in Frankreich bildet das Haupthindernis des ehrgeizigen Entwurfes für die Umwandlung dieses Wasserweges, der zusammen mit der Garonne den Golf von Biscaya mit dem Mittelmeer verbindet, in einen Schifffahrtskanal, der es Seeschiffen gestattet, den Umweg durch die Strasse von Gibraltar zu vermeiden. Wenn jedoch die Höhe der die beiden Flussschifffahrtswege trennenden Hügelkette ein allzu grosses Hindernis für den Bau der zu verbindenden Wasserstrasse nicht zu bilden scheint und der Entwurf für einen Kanal Berücksichtigung findet, dann wird die Strecke, innerhalb welcher das Gefälle liegt, ein ebenso wichtiges Element in dem Entwurf, als das Gefälle selbst, sein; es ist also eine Verbindung von Länge und Steigung, oder schliesslich das allgemeine Gefälle des Geländes, das die Grundlage für die Festsetzung der passendsten Methode zur Ueberwindung des Höhenunterschiedes bildet.

Gefälle der Abhänge, welche durch Kanäle mit Schleusen erstiegen werden.

Das durchschnittliche Gefälle längs des erneuerten Theiles des Charleroi-Brüssel Kanals, der oben erwähnt wurde, ist annähernd 1:250; und die Kanalhaltungen schwanken in der Länge zwischen 1496,9 m (1637 Yards), und 623,35 m (682 Yards), welches eine durchschnittliche Länge von 971,73 m (1063 Yards) ergibt. Im Allgemeinen ist das Gefälle der Gegend, die von dem Marne-Saône-Kanal hinab zum oberen Teile des Saône Beckens durchquert wird, ungefähr 1:98; die von den Schleusen erstiegene Höhe hat hier einen viel steileren Abhang, als jene längs des obenerwähnten Theiles des Charleroi-Brüssel Kanals, und daher konnten die Schleusen nur so ausgeführt werden, dass man ihren Hub um 0,625 m (2 Fuss) bis 1,025 m (3 1/3 Fuss) grösser machte, als bei dem letztgenannten Kanal; auch musste man sechs der Kanalstrecken Längen von nur

401,71 m (439 Yards), bis 418,03 m (457 Yards) geben, die durchschnittliche Länge der sieben Kanalstrecken war dabei 435 m (476 Yards). Dementsprechend war es notwendig, um die Schleusen auf dem steileren Abhange des Saône Flusses brauchbar zu machen, den Hub der Schleusen im Mittel um 0,825 m (2 2/3 Fuss) grösser, als den der Schleusen des steilsten Teiles des Charleroi-Brüssels Kanals, und die mittlere Länge der Kanalstrecken geringer als die Hälfte der bei dem letztgenannten Kanal angewandten zu nehmen, das ist bei den kürzesten Kanalstrecken eine Verminderung von ungefähr ein Drittel der Länge.

Grösse des Gefälles, das noch die Anwendung von Schleusen zulässt.

Um Kanalschleusen zu gebrauchen, die in einem Gelände erbaut sind, das eine steilere Neigung als ungefähr 1 : 100 hat, ist es nötig, ihren Hub grösser als 5.125 m (16 4/5 Fuss) zu machen, wie dieses bei dem steilsten Teile des Marne-Saône Kanals geschehen ist, oder man muss die Länge der einzelnen Kanalstrecken verkürzen. Irgend ein bedeutender Zuwachs an dem Hube, jedoch, würde die für gewöhnliche Schleusen für passend gehaltene Grenze von 5 m (16 1/2 Fuss) überschreiten, so dass die Schwierigkeiten in der Konstruktion und der Ausführung wachsen würden; während eine weitere Verminderung der Länge der kurzen Kanalstrecken, die kaum 400 m (beinahe 440 Yards) überschreiten, wie sie beim oberen Laufe der Saône für den Marne-Saône Kanal angewandt sind, zu grossen Verzögerungen an den Schleusen führen und gar zu grosse Schwankungen in der Wasseroberfläche der kurzen Kanalstrecken herausgenommen, bezw. hineingelassen würde, wenn zwei oder drei Schiffe hintereinander in derselben Richtung zum Durchschleusen kämen.

Während also die Schleusen die einfachste und dauerndste Methode bilden, um Schiffe von einer Kanalstrecke zur andern zu befördern, wenn die Neigung des Landes ziemlich sanft ist, wie dies bei den meisten Orten der Fall ist, an denen Kanäle ausgeführt sind, verlieren sie gewöhnlich ihre Hauptvorteile, wenn das Gefälle des Landes bedeutend grösser ist, als 1 : 100; und unter solchen Umständen müssen andere Mittel zur Ueberwindung der Höhenunterschiede erwogen werden. Bisweilen ist sogar von dem Gebrauch von Kanalschleusen abgesehen worden, wenn ein kleinerer Abhang erreicht worden ist, wie

z. B. bei dem oberen Ende des *Canal du Centre* in Belgien, wo auf eine Länge von 7 Kilometern 33 m (4,37 engl. Meilen) ein Gefälle 56,2 m (184 $\frac{2}{5}$ Fuss), oder im Mittel ein Gefälle von 1 : 125 vorkommt, zu dessen Ueberwindung vier vertikale ausbalanzierte, hydraulische Hebewerke projektiert sind. In diesem Falle ist jedoch die Steigung des Bodens längs des Laufes, welcher gewählt worden ist um das Gebiet der Kohlenbergwerke zu vermeiden, sehr unregelmässig; und deshalb hauptsächlich konnte der Aufstieg in 4 hohe Stufen zerlegt werden, die sich sehr gut für die Annahme von hydraulischen Hebewerken eignen.

Schleusen mit grossem Hub oder Gruppen von Schleusen können mit Vorteil zur Ueberwindung von plötzlichen Aenderungen in der Höhenlage des Landes in dem Laufe eines Kanals angewandt werden, wo genügend Wasser zu haben ist; aber ein langes regelmässiges Gefälle des Geländes ist um so ungünstiger für die Anwendung von aufeinander folgenden Stufen eines Kanals mit Schleusen, je grösser der Schleusenhub und je abschüssiger das Gelände.

Erwägungen, welche die Anwendung von vertikalen Hebewerken, für Kanäle beeinflussen.

Bedingungen, welche für die Anwendung von vertikalen Hebewerken günstig sind.

Ein beträchtlicher und plötzlicher Höhenwechsel im Kanal-lauf ist die günstigste Lage für die Anwendung eines vertikalen Hebewerkes. Die hauptsächlichsten Vorteile eines vertikalen Hebewerkes sind: die kurze Zeit, die zur Beförderung von Schiffen zwischen zwei beträchtlich im Niveau von einander abweichenden Kanalstrecken nötig ist, der geringe Wasserverbrauch zur Bewegung des Hebewerkes und der geringe Raum, den es einnimmt. Ein Hebewerk leistet in der Tat dasselbe wie eine Gruppe von Schleusen unter ähnlichen Umständen; dazu bewerkstelligt es die Beförderung von Schiffen viel schneller und mit einem weit geringeren Wasserverbrauch, welcher letzterer Umstand bei Wassermangel von grosser Bedeutung ist.

Beschränkte Ausdehnung für Kanalhebewerke.

Einige einfache vertikale ausbalanzierte Kanalhebewerke wurden im Anfang des letzten Jahrhunderts beim Grand Western Kanal in England und an andern Orten errichtet, aber sie

wurden bald ausser Gebrauch gestellt. Zwischen 1875 und 1888 wurden die drei wohlbekanntesten hydraulischen Kanal-Hebewerke von Anderton, Les Fontinettes und La Louvière gebaut; und im Jahre 1899 wurde das schwimmende Kanalhebewerk von Henrichenburg bei der Eröffnung des Dortmund-Ems Kanals in Tätigkeit gesetzt. Ein viertes hydraulisches Hebewerk wurde im Juli 1904 in Peterborough am Trent Kanal in Canada eröffnet, welches den früheren im Prinzip ziemlich ähnlich war. Es hatte aber einen viel grösseren Hub und viel grössere Bassins und es gestattet die Aufnahme von Schiffen von 800 Tons. Das Peterborough Hebewerk hat einen Hub von 19,81 m (65 Fuss); seine gusseisernen Kolben von 2,29 m (7 1/2 Fuss) im Durchmesser arbeiten in Press-Cylindern mit einem innern Durchmesser von 2,35 m (7 Fuss 8 1/2 Zoll); seine das Gleichgewicht haltenden Tröge sind 42,67 m (140 Fuss), lang und 10,06 m (33 Fuss) breit; und sie haben eine normale Wassertiefe von 2,41 m (8 Fuss); während die Arbeit des Hubes durch Hinzufügen einer Wasserschicht von 0,25 m (10 Zoll) in den absteigenden Trog bewirkt wird. Wenn man bedenkt, dass dies alle Kanalhebewerke sind, die in den letzten 30 Jahren gebaut sind, trotz des grossen Interesses, welches sie erweckt haben und des Erfolges, von dem ihre Leistung begleitet gewesen ist, so hat sich damit herausgestellt, dass ihre Anwendung entschieden eine begrenzte ist. Hebewerke sind in der Tat nur da ökonomisch anwendbar, wo die Steigung des Bodens ebenso ausgedehnt als steil ist; und die Annahme eines Hebewerkes, anstatt einer Gruppe von Schleusen, hängt von der Höhe ab, die an einer einzigen Stelle überwunden werden muss, und davon, ob die Wasserersparnis und die grössere Leichtigkeit des Verkehrs, die ein Hebewerk ermöglicht, seine für gewöhnlich grösseren Kosten und seine geringere Dauerhaftigkeit diejenige einer einzelnen Gruppe von Schleusen mehr als ausgleichen. Hydraulische Hebewerke haben wahrscheinlich beinahe die Grenze ihrer ratsamen Hubhöhe in Peterborough, Canada, erreicht, aber man kann ihre Tröge für eine längere Klasse von Schiffen ausbauen. Während schwimmende Trog-Hebewerke, besonders bei grossen Trögen, mit Rücksicht auf die zahlreichen zur Verfügung stehenden Hilfsmittel bei diesem System, gut angewandt erscheinen, so kann die Ausschachtung für mehrere Schwimmer nahe aneinander nur bei besonders günstiger Bodenschaffenheit ausgeführt werden, oder ein einziger horizontaler Schwimmer muss angewendet werden, der aber die Ausschachtung sehr zu vermehren pflegt

und sich als schwierig zu leiten herausstellen kann ;auch die Kosten pflegen schnell mit der Höhe des Hubes anzuwachsen, welche übrigens, in Henrichenburg wenig mehr als $\frac{2}{3}$ von der in Peterborough ist. Ausserdem hat man, ungeachtet der augenscheinlichen Einfachheit des Schwimmer-Hebwerkes, herausgefunden, dass die Kontrolle der Bewegung durch die Schraubenspindeln ein sehr genaues Ausgleichen des Wassers in dem Troge nötig macht, um eine schaukelnde Bewegung zu verhindern ; und die Ingenieure, die den Plan zu dem Bau des Henrichenburger Hebwerkes entwarfen und beaufsichtigten, meinen, dass für den Fall, dass der künftige Verkehr auf dem Dortmund-Ems Kanal Vorkehrungen für grössere Bequemlichkeit nötig macht, eine Gruppe von Schleuen gebaut werden sollte, anstatt eines zweiten Schwimmer-Hebwerkes.

Verschiedenheiten in den Projekten für vertikale Hebwerke.

Wenn man den beschränkten Spielraum berücksichtigt, der immer nur vorhanden ist für die Anwendung von Hebwerken im Kanalbau, so ist es sehr merkwürdig, zu welchem Umfange die Findigkeit der Ingenieure und Mechaniker im Ersinnen von Entwürfen für Hebwerke gelangt ist, die so grosse Verschiedenheiten im Entwurf darstellen. Von 13 Wettbewerb-Entwürfen zur Ueberwindung eines Gefälles von 41 m (134 $\frac{1}{2}$ Fuss) bei dem Marne-Saône Kanal, welche eingesandt und von Cadart in seinem Bericht vom Jahre 1898 beschrieben wurden, waren 16 vertikale Hebwerke und nur 3 geneigte Ebenen ; ebenso waren in den sehr zahlreich eingesandten Entwürfen zur Ueberwindung eines Höhenunterschiedes von 35,9 m (117 $\frac{4}{5}$ Fuss) auf einer Strecke von ungefähr 900 m (2.950 Fuss) auf dem projektierten Donau-Oder Kanal beträchtlich mehr Entwürfe für Hebwerke jeder denkbaren Art als für geneigte Ebenen oder Schleusen eingegangen, trotz der für vertikale Hebwerke mit grossem Hub unverkennbar ungünstigen örtlichen Beschaffenheit des ziemlich gleichmässig abfallenden Geländes.

Die Linie für den projektierten Donau-Oder Kanal zu Aujezd nahe Prerau, wo das Gefälle zwischen den beiden aneinandertossenden Kanalstrecken von 35,9 m (117 $\frac{4}{5}$ Fuss) zu überwinden ist, war sehr genau angegeben durch einen geraden Strich, der in eine den Bedingungen des Wettbewerbs beigelegte Umriss-Zeichnung der Oertlichkeit eingetragen war, sodass den Bewerbern keine Freiheit gelassen war, den Weg

des Kanals ihren eigenen Plänen passend zu ändern, wie dieses bei den verschiedenen Projekten für die Hebewerke des Marne-Saône Kanals geschehen war. Die Genauigkeit, mit welcher der Weg des Kanals im Programm festgelegt war, macht die Verschiedenheit und die Abweichungen der im Jahre 1904 eingereichten Projekte um so bemerkenswerter, als sie alle sich nach genau denselben Bedingungen zu richten hatten, was die Geländegestaltung anbetraf. Die Oberfläche des Landes nämlich erhebt sich längs seines steilsten Teiles ungefähr 28 m (92 Fuss) innerhalb einer Entfernung von etwa 820 m (2600 Fuss), was ein durchschnittliches Gefälle von etwas weniger als 1:29, ergibt, obgleich mit Rücksicht auf die Tiefe des Einschnittes für die unteren Kanalstrecken beim Beginn des Gefälles, das wirkliche Gefälle, das zur Verbindung der beiden Kanalstrecken durch eine geneigte Ebene nötig ist, ungefähr 1:25 erreicht. Die grössten Schiffe, für welche auf dem Donau-Oder Kanal Sorge zu tragen ist, sind 67 m (220 Fuss), lang, 8,2 m (27 Fuss), breit, und haben 1,8 m (6 Fuss) Tiefgang; es war bestimmt, dass mindestens 30 Schiffe die Schleusen in jeder Richtung von einer Kanalstrecke zur andern in einem Tage zu 24 Stunden zu passiren hätten mit einem möglichst geringen Aufwand an Wasser. Die eingereichten Entwürfe von Hebewerken zur Ueberwindung des Gefälles in ein oder zwei Etagen, umfasste — ausser den hydraulischen und Schwimmer-Hebewerken, die im Prinzip ähnlich denen von La Louvière und Henrichenburg waren—hydraulische Hebewerke mit drei oder mehr Kolben unter jedem Tröge und auch mit Trögen, die von Kolben herabhingen; Tröge, die vermittelst Schraubenspindeln bewegt wurden, Schwimmer-Hebewerke deren Tröge durch aufrechte Böcke getragen wurden, die auf einen einzelnen Schwimmer gestellt waren; ausbalancierte Tröge, die an darüber befindlichen Flaschenzügen aufgehängt waren und einzeln aufgehängte, durch Gewichte ausbalancierte Tröge; verschiedene Formen von balanzierenden Trögen, die an den Enden von Wippen gestützt waren; sich drehende Hebewerke und unter Wasser befindliche Pontons als Tröge dienend, die sich mit Hilfe komprimierter Luft heben und senken könnten.

Unter den bemerkenswertesten Beispielen von Entwürfen zur Ueberwindung des ganzen Gefälles zu Aujezd durch ein einziges Hebewerk mag hier aufmerksam gemacht werden: erstens auf ein hydraulisches Hebewerk mit zwei ausbalancierten Bassins, von denen jedes in der Mitte von einem ein-

zigen Kolben von 3,6 m ($11 \frac{4}{5}$ Fuss) Durchmesser getragen wird; zweitens auf ein Hebewerk, welches im Aeusseren dem Hebewerk zu La Louvière gleicht, das sich aber zur vollen Höhe von 35,9 m ($117 \frac{4}{5}$ Fuss) vermittelt vier Kolben unter jedem Bassin erhebt; drittens auf einen einzelnen Trog, der vermittelt über Rollen laufender Ketten, an den Spitzen von hohen abgesteiften eisernen Türmen an jeder Seite aufgehängt wird. Das Bassin wird hier ausbalanciert durch Gewichte, welche in den an den anderen Enden der Kette hängenden Wagen ruhen und auf der schrägen Rückseite der Türme längs Schienen laufen. Letztere werden in der Nähe der Basis nach auswärts gebogen, um das wirksame Gewicht des Gegengewichtes im Verhältnis zu der bei der Hebung des Bassins wachsenden Länge der Ketten an der Rückseite der Türme zu verringern. Auch von Interesse ist ein Entwurf eines sich drehenden Hebewerkes, um den ganzen Niveauwechsel auf ein Mal zu bewerkstelligen. Dieses besteht aus einem metallenen Zylinder von 70 m (230 Fuss) Länge und 52,6 m ($172 \frac{1}{2}$ Fuss) Durchmesser, der horizontal in einem Wasserbassin an dem Ende der unteren Kanalhaltung schwimmt, und in seiner Lage durch einen Arm gehalten wird. Der Arm wird an jedem Ende der horizontalen Axe, um die sich der Zylinder dreht, befestigt und am Ufer an einer Seite verankert. Zwei verhältnismässig kleine Zylinder von 12 m ($39 \frac{2}{5}$ Fuss) Durchmesser sind an der inneren Peripherie des grossen Zylinders ihrer vollen Länge nach an der oberen, bzw. an der unteren Seite, befestigt. Diese sollen als Tröge für die Aufnahme von Schiffen dienen. Durch eine halbe Umdrehung des schwimmenden Zylinders, sollen sie, vermittelt eines elektrisch angetriebenen Zahnrades, das mit seinen Zähnen an der äusseren Peripherie des grossen Zylinders wirkt, mit den oberen und unteren Strecken des projektierten Kanals abwechselnd in Verbindung gebracht werden. Abgesehen von dem Wert oder der Wertlosigkeit, oder der Ausführbarkeit, der Entwürfe zur Ueberwindung des Höhenunterschiedes von 35,9 ($117 \frac{4}{5}$ Fuss) durch ein einziges Hebewerk, sind sie doch alle der Gegenstand des unüberwindlichen Einwandes, dass sie leider ganz ungeeignet für die besonderen Bedingungen der Oertlichkeit sind, weil damit eine grosse Menge Erdarbeit unvermeidlich verbunden sein würde, um den unteren Kanallauf, jetzt schon 6,7 m (22 Fuss), am Fusse des Abhanges horizontal weiterzuführen. Es wird dieses ein Einschneiden in den aufsteigenden Abhang bis zum untersten äussersten Ende des Hebewerkes bedingen, so-

wie auch einen langen Viadukt, der in der Höhe mit der Neigung des Abhanges wächst, um den oberen Kanal über dem Abhange hinweg zum oberen Ende des Hebewerkes zu führen.

Die Nachteile, die die Annahme von Hebewerken auf einem ziemlich gleichmässigen Abhange begleiten, werden unzweifelhaft dadurch, dass man den Abstieg in zwei Stufen mit Hebewerken mit dem halben Hub teilt, vermindert; diese Hebewerke müssen dann in einer bestimmten Entfernung von einander angeordnet sein, wie es auch in einigen Entwürfen vorgesehen war. Die Entwürfe für zwei Hebewerke, von denen jedes einen Hub von 17,95 m (58,9 Fuss) hat, schienen am anwendbarsten und am meisten in Uebereinstimmung mit früher gemachten Erfahrungen. Es waren: (1) Zwei hydraulische Hebewerke hintereinander, deren jedes einen einzigen in der Mitte durch einen Kolben getragenen Trog hat, ähnlich denen zu La Louvière, aber in grösseren Abmessungen und nur mit zentraler Führung; die Ausbalanzierung des Bassins wurde durch eine Druckwasserleitung, die den beiden Pressen miteinander verband, bewerkstelligt; (2) Zwei Schwimmer-Hebewerke, von denen jedes einen einzigen von einer Reihe von Schwimmern getragenen Trog hatte, ähnlich dem Henrichenburger Hebewerk, aber mit grösserem Hub. Die Anordnung von zwei Hebewerken, jedoch, wenn sie auch die Nachteile, die sich beim Vergleich mit einzelnen ergeben, vermindert, ist doch augenscheinlich unvorteilhaft für einen ziemlich gleichmässigen Abhang von beträchtlicher Länge.

*Die Funktion der geneigten Ebenen, und
die Umstände, die ihre Anwendung beeinflussen.*

In einem früheren Teile dieser Schrift ist angedeutet worden, dass unter den gewöhnlichsten Bedingungen eines sanften Gefälles und eines genügenden Wasservorrates Schleusen, wegen ihrer Einfachheit und Dauerhaftigkeit, das beste Mittel für die Beförderung der Schiffe von einer Kanalhaltung zur andern bilden, aber dass dieses System verhältnismässig weniger bequem wird, mit dem Wachsen der Neigung des Abhanges, wegen des grösseren Hubes, des grösseren erforderlichen Wasserverbrauches und der notwendig verkürzten Kanalstrecken. Es ist ausserdem bewiesen, dass, wenn das Gefälle des Geländes beträchtlich steiler wird als 1:100, die zur Ersteigung des Abhanges erforderlichen Schleusen teure Bauten werden, welche

Vorkehrungen für die komplizierten Einrichtungen bedingen die dazu dienen, die Schleusen in Tätigkeit zu setzen und den Verbrauch von Wasser zu vermindern, das an solchen Stellen gewöhnlich nicht in genügender Menge vorhanden ist; den Kanalstrecken müssten dann unzureichende Längen gegeben werden. Andererseits bilden bei sehr steilen Abhängen oder plötzlichen Niveauänderungen, Gruppen von Schleusen, oder für bedeutende Verschiedenheiten im Niveau, vertikale Hebewerke die besten Mittel für die Beförderung von Schiffen. Zwischen diesen beiden Extremen jedoch, nämlich zwischen einem sanft abfallenden Terrain und einem plötzlichen Niveauwechsel, begegnet man gelegentlich einer Gestaltung des Landes, wo auf einer bestimmten Strecke das Gefälle zu gross ist für die ökonomische Anwendung von Schleusentreppen mit passenden Zwischenräumen und doch nicht genügend steil oder veränderlich ist für die Benutzung von Schleusengruppen oder Hebewerken. Bei diesen dazwischen liegenden, mässig langen und ziemlich gleichmässigen Abhängen dürfte das System der geneigten Ebenen sich als wertvoller Verbündeter der Schleusen erweisen, sowohl für die zukünftige Ausdehnung der Binnenschiffahrtswege, als auch für die grossen Schiffe von heute, wie man es früher beim Kanalbau mit kleinen Fahrzeugen machte.

Die beiden Systeme für den Transport von Schiffen auf geneigten Ebenen.

Bei der frühesten Anwendung der geneigten Ebenen auf Kanalstrecken wurden die kleinen Fahrzeuge aus dem Wasser herausgebracht, entweder auf Rädern, die unter dem Boden von sehr kleinen Fahrzeugen befestigt waren, oder bei grösseren Fahrzeugen in Gestellen, die mit Rädern auf den auf der geneigten Ebene liegenden Schienengeleisen liefen. Das letztere System wurde bei 23 geneigten Ebenen angewandt, mit Neigungen von 1 : 12 bis 1 : 10 beim Morris-Kanal, der die Alleghanies kreuzt, für die 5 geneigten Ebenen beim Oberland Kanal in Preussen und erst vor wenigen Jahren für eine Neigung von 1 : 25 vom Marne Fluss bei Beauval hinauf zum Oureq Kanal, 450 m (1476 Fuss) lang; aber diese Neigungen sind bisher nur für kleine Fahrzeuge bis zu 70 t Tragfähigkeit benutzt worden. Eine Vergrösserung dieses Systems jedoch für Küstenfahrzeuge von 2000 t wurde im Jahre 1885 begonnen mit der Chignecto

Schiffseisenbahn von 27,33 Kilometern (17 engl. Meilen) Länge, quer über einen schmalen Landrücken in Nova Scotia, mit Neigungen, die 1:530 nicht überschritten, über welche die Fahrzeuge, so war es projektiert, nachdem sie mit hydraulischen Kolben aus dem Wasser gezogen waren, längs der ganzen Linie auf stählernen Gestellen in Teilen von 22,86 m (75 Fuss) Länge befördert werden sollten; aber als 3/4 der Arbeit im Jahre 1891 vollendet war, wurde der Bau aus Mangel an Kapital eingestellt.

Das zweite System, bei welchem die Fahrzeuge im Wasser schwimmen, wenn sie über die geneigte Ebene fahren, besteht darin, dass sie vom Kanal aus in Tröge gehen, die horizontal auf einen Wagen gelagert sind und Wasser enthalten; es wurde angewandt etwa im Jahre 1840 beim Chard Kanal in Somersetshire, wo zwei kleine ausbalanzierte Tröge auf Neigungen von 1:8 liefen, eine Einrichtung, die 10 Jahre später auf ein aus Trog, Fahrzeug und Wasser bestehendes bewegliches Gewicht von 80 t ausgedehnt wurde und zwar auf dem Monkland Kanal bei Glasgow für eine Neigung von 1:10. Im Jahre 1876 wurde die Georgetown geneigte Ebene von 1:12 gebaut zur Beförderung von schwimmenden Fahrzeugen von 115 t zwischen dem Potomac Fluss und dem Chesapeake und Ohio Kanal, auf welcher das ausbalanzierte fortzubewegende Gewicht des Troges, Fahrzeuges und des Wassers 390 t war. Jedoch das Hin- und Herwogen des Wassers während der Beförderung auf der geneigten Ebene führte zu einem Adjustieren des Wasserspiegels in den Trögen der Monkland geneigten Ebene, sodass die Boote ruhig gehalten werden konnten, indem sie leicht auf dem Boden aufsassen; und das Wasser wurde aus den Georgetown Trögen entfernt, um sie zu erleichtern, mit Rücksicht auf die Verletzung der Fahrbahn durch ungenügende Verteilung des Gewichtes. Hiernach sah man von der weiteren Ausdehnung des Systems für viele Jahre ab, bis ganz kürzlich die Foxton geneigte Ebene von 1:4 des Grand Junction Kanals gebaut wurde, anstatt einer Gruppe von 10 Schleusen; auf dieser geneigten Ebene fahren zwei quer angeordnete sich das Gegengewicht haltende Tröge und können zwei frei im Wasser schwimmende 70 t Fahrzeuge gleichzeitig auf der Ebene auf und ab befördern (1).

(1) *Surmounting of Great Ascents, The Thomas canal-barge lift* Bericht von Gordon C. THOMAS. Düsseldorf, Navigations-Congress, 1902.

Vorteile von geneigten Ebenen für Kanäle.

Geneigte Ebenen besitzen dieselben Vorteile wie Hebewerke, indem sie, mit Schleusen verglichen, eine beträchtliche Ersparnis an Wasser und Zeit gewähren; ja sie sind den Hebewerken mit Bezug auf Zeitersparnis noch überlegen, denn Fahrzeuge, welche sie benutzen, legen dabei einen Teil ihrer Fahrt zurück, und die einzige wirklich verlorene Zeit ist die, welche einerseits zur Beförderung eines Fahrzeuges vom Kanal zu dem an dem einen Ende der Ebene liegenden Gestell oder Trog, in dem es befördert wird, und andererseits beim Wiederherausbringen am andern Ende, verbraucht wird. Diese Operationen sind jedoch gleichfalls bei Schleusen und Hebewerken auszuführen und sind ganz unabhängig von der Zeit, die zum Füllen oder Entleeren der Schleusenkammer oder zum Bewegen des Hebewerkes nötig ist. Ausserdem wachsen bei einer geneigten Ebene die Materialstärken der einzelnen Teile und die Kosten nicht im Verhältnis zu der Höhe, die überwunden werden soll, denn der teuerste Teil der Anlage ist der Wagen zur Beförderung der Schiffe; und das Einzige, was hinzukommt, sind die für einen längeren Aufstieg nötigen Schienengeleise und eine Erweiterung irgend welcher nebensächlicher Einrichtungen, die vielleicht dabei gebraucht werden. Dementsprechend nehmen die Vorteile der geneigten Ebene gegenüber den andern Systemen im Verhältnis zu der Ausdehnung des Gefälles zu. Ausserdem sind keine tiefen Fundamentierungen, die von der Beschaffenheit des Bodens abhängen, für geneigte Ebenen erforderlich; und wenn nur das Gewicht der sich bewegenden Teile gut über die Bahn verteilt ist, so ist kein übermässiges Gewicht auf den Boden getürmt, welches ein Wegsacken desselben verursachen könnte. Auch der auf der geneigten Ebene laufende Wagen und der Weg sind ausser Wasser und der Besichtigung und etwaigen Ausbesserungen leicht zugänglich; und in dieser Hinsicht sind geneigte Ebenen günstiger gelegen als Schleusen oder Hebewerke; während die geneigte Ebene selbst, anstatt wie Schleusen und Hebewerke, in einer Reihe von stufenartigen Schleusen und Hebewerken ansteigend, sich an die besonderen Vorzüge der Eisenbahnen, welche so genau wie möglich der natürlichen Steigung des Landes folgen, anlehnt, allerdings weniger genau, infolge der Notwendigkeit, sich der gleichmässigen Steigung, für welche der Wagen gebaut ist, anzupassen, insbesondere, wenn die Schiffe wäh-

rend der Fahrt auf der geneigten Ebene vom Wasser getragen werden. Ausserdem erspart die geneigte Ebene den Bau einer gleich langen Kanalstrecke.

Nachteile der geneigten Ebenen für Kanäle.

Heutzutage leiden alle geneigten Ebenen unter dem Nachteil, dass, während man in den letzten 30 Jahren beträchtliche Fortschritte in der Anwendung von Hebewerken für grössere Schiffe gemacht hat, man nichts zur Verbesserung der geneigten Ebene für Kanäle getan hat seit der Erbauung der geneigten Ebene von Georgetown im Jahre 1876, für 115 t Fahrzeuge, mit leider ungenügendem Ergebnis, obgleich Entwürfe für geneigte Ebenen, für den Marne-Saône Kanal vorgeschlagen wurden; und Peslin Entwürfe von geneigten Ebenen im Jahre 1893 vorbereitete, die er als das passendste System für den Donau-Oder Kanal hinstellte. Ueberdies lassen sich Einwendungen gegen jedes der beiden Systeme zur Beförderung von Fahrzeugen auf geneigten Ebenen erheben; denn während die Methode, Fahrzeuge ausser Wasser in Traggestellen zu transportieren, das zu bewegende Gewicht auf ein Minimum beschränkt, und folglich besser geeignet ist zur weiteren Anwendung bei grösseren Fahrzeugen wie es auch für die Schiffseisenbahn von Chignecto vorgesehen war, so ist sie auch nur anwendbar bei Schiffen, welche stark genug gebaut sind, um, wenn voll beladen, nicht unter der Wasserentziehung während ihrer Beförderung auf der geneigten Ebene zu leiden. Das System, im Wasser schwimmende Fahrzeuge auf einer geneigten Ebene zu befördern, lässt in der Tat die oben erwähnte Einwendung wegfallen und kann für Fahrzeuge aller Klassen angewandt werden; aber es benötigt eine Erhöhung der Aufklötzung an dem untern Ende des Unterbaus, um das Gefäss horizontal zu erhalten. Ausserdem hat das freischwimmende Fahrzeug die Neigung gegen die Seiten des Gefässes zu stossen bei jeder durch die Bewegung hervorgerufenen Schwankung des Wassers in demselben; auch vermehren die Aufklötzung auf den Wagen und das Wasser im Gefäss das längs der geneigten Ebene zu ziehende Gewicht bedeutend, ebenso wie die dem Geleise auferlegte Last. Die Anwendung von Traggestellen oder mit Wasser gefüllten Gefässen muss von der Klasse der Schiffe, welche vermutlich den vorgeschlagenen Wasserweg nehmen sollen, abhängen, aber nur dann könnte das System der geneigten Ebene als vollkommen befrie-

digend angesehen werden, wenn es im nötigen Falle eine sichere Beförderung einer jeden Schiffsgattung, ob stark gebaut oder nicht, garantierte.

Einrichtung zur Beförderung von schwimmenden Fahrzeugen auf geneigten Ebenen.

Die Fortschritte, welche seit der Erbauung der geneigten Ebene von Georgetown in den mechanischen Wissenschaften und der Fabrikation von Stahl gemacht worden sind, sollten die Konstruktion eines Gefässes mit einem schwimmenden Schiffe leicht ausführbar machen, ebenso die des Unterbaues, welcher, mit praktisch angebrachten Rädern zum Tragen der sachgemäss verteilten Ladung, sicher und leicht auf einer starken, soliden und gut angelegten Bahn läuft, mit nicht weniger als 4 Reihen schwerer Stahlschienen und mit der mässigen einer geneigten Ebene angepassten, Geschwindigkeit, ohne Schaden für das Geleise, um so mehr, wenn man bedenkt, welche schwere Lokomotiven heutzutage mit der grössten Fahrgeschwindigkeit auf nur einem Schienenstrang laufen. Die Lösung des wichtigen Problems, wie das Fahrzeug während der Fahrt auf der geneigten Ebene im Wasser ruhig zu halten wäre, scheint möglich, entweder durch sicheres Festmachen des Schiffes an beiden Seiten des Gefässes, oder durch Anbringung von langen, hölzernen oder mit Luft gefüllten Kautschuk Polstern, welche an jeder Seite durch mittels Kolben komprimierter Luft dagegen gepresst werden, oder aber dadurch, dass dem Gefäss genügend Wasser entnommen wird, sodass das Fahrzeug auf einer Anzahl von aufgeblasenen, transversal auf dem Boden des Gefässes liegenden Kautschukrohren leicht ruhen kann. Ausserdem kann durch elektrische Zugkraft die allmählich wachsende Geschwindigkeit bei der Abfahrt und die Verzögerung gegen das Ende der Fahrt, welche zum grossen Teile die Schwingungen des Wassers in dem Gefäss verhindert, mit bemerkenswerter Genauigkeit reguliert werden.

Das Schleppen der Gefässe längs der schiefen Ebene kann durch Stahldraht-Trossen bewerkstelligt werden, welche an Gegengewicht haltenden Gefässen angebracht und von einer auf dem Scheitel der geneigten Ebene sich drehenden Trommel in Bewegung gesetzt werden, oder durch ein Gelenk, das von einer auf dem Scheitel der geneigten Ebene sich drehenden Trommel in Bewegung gesetzt wird, oder durch Gelenkketten

an Stelle der gewöhnlichen Ketten, oder auch durch Motore, die auf dem Wagen für das Gefäss angebracht sind. Die Anwendung von sich das Gegengewicht haltenden Gefässen vermindert die Betriebskosten einer geneigten Ebene um ein Bedeutendes; aber die Längen der Drahttrossen ändern sich in ungleichem Masse während des Betriebes und müssen mit hydraulischen Adjustierungen versehen werden; Gelenkketten dagegen erfordern komplizierte Hilfsmittel, auch sind viele ihrer Teile der Reibung ausgesetzt, und brauchen beständige Ueberwachung. Der Gebrauch von elektrischen Motoren auf dem Unterbau, obgleich mit grösseren Betriebskosten verbunden, beseitigt alle jene Komplikationen, indem er jedes Gefäss selbständig arbeiten lässt; und, beim Bremsen des einen Gefässes während der Abwärtsbewegung, können sie bei dem Aufstieg des andern Gefässes mitwirken, oder Elektrizität für späteren Gebrauch aufspeichern. Auch ermöglicht diese Einrichtung den Gebrauch von nur einem Gefäss zu Anfang, bis die Vergrösserung des Verkehrs die Beschaffung eines zweiten Gefässes erheischt. Wo ein Motor angewandt wird, empfiehlt es sich, eine vertikale Zahnstange in der Mitte der Bahn anzubringen, auch bei Abhängen, wo der Aufstieg durch Adhäsion allein bewerkstelligt werden könnte, denn abgesehen davon, dass die Bewegung gleichmässiger wird, giebt das in die Zahnstange eingreifende Zahnrad eine sehr vorzügliche Bremse zur Kontrolle des herunterfahrenden Gefässes ab.

Hieraus lässt sich folgern, dass es keine unüberwindlichen Hindernisse für die sichere und zufriedenstellende Beförderung von schwimmenden Fahrzeugen von 600-800 Tonnen in Gefässen auf geneigten Ebenen giebt, aber im Hinblick auf die begrenzte auf diesem speziellen Arbeitsfeld erlangte Erfahrung, sind doch grosse Vorsicht und Ueberlegung bei dem Entwurf des ersten Gefässes der erforderlichen Grösse notwendig, ebenso wie für die Einzelheiten des Betriebes der geneigten Ebene. Die Betriebs- und Unterhaltungskosten solcher geneigten Ebenen können nur durch die praktische Erfahrung bestimmt werden.

Nötige Bedingungen für geneigte Ebenen.

Bei langen, einförmigen Abhängen zwischen den Grenzen von ungefähr 1 : 75 bis 1 : 4, sind weder Schleusen noch Hebewerke die passenden Mittel, um Fahrzeugen den Aufstieg zu

ermöglichen; sollen Kanäle vorteilhaft angelegt werden in Gegenden, wo solche Abhänge vorherrschend sind, so muss eine andere Methode zur Ueberwindung der Höhenunterschiede angewandt werde. Hier liegen die Bedingungen vor, angesichts derer es zweckmässig wäre, geneigte Ebenen zu benutzen, denn auf der erfolgreichen Anwendung des Systems beruht die Ausdehnung des Wasserstrassennetzes in derartigen Gegenden. Kurze Abhänge eignen sich nicht für geneigte Ebenen, denn sie erfordern gleich langen Abhängen, die Anschaffung eines Gefässes und eines Untergesteues, welche beide den kostspieligsten Teil des Werkes bilden; lange, ziemlich gleichmässige Abhänge, jedoch, sind besonders gut geeignet für geneigte Ebenen, welche unter diesen Bedingungen andern Systemen weit überlegen sind, da sie nur eine im Verhältnis zu der Ausdehnung der schiefen Ebene längere Bahn erfordern.

Wo das Gefäss der Länge nach auf der geneigten Ebene fährt, muss die zur Horizontalhaltung desselben erforderliche Aufklötzung des Unterbaus in Höhe zunehmen, je grösser der Schleusenhub und je abschüssiger das Gelände. Demgemäss wäre es notwendig, das Gefäss, wenn es ein langes und der Abstieg mehr als 1 : 10 bis 1 : 8 ist, quer auf der geneigten Ebene laufen zu lassen, was eine Bahn erfordert, deren Breite gleich der Länge des Gefässes wäre; es würde indessen grössere Schwierigkeiten machen, das Schleppen über diese grosse Breite möglichst gleichmässig zu gestalten, wenn Trossen in Anwendung kommen. Die seiliche Bewegung hat aber den Vorzug, die Schwingungen des Wassers in dem Gefäss zu verringern.

Schlussfolgerungen.

1. Schleusen sind das einfachste und dauerhafteste Mittel, um Fahrzeuge von einer Kanalstrecke zur andern zu befördern, unter den gewöhnlichen Bedingungen eines sanften Abhanges. Wenn hingegen die Neigung des Geländes auf eine beträchtliche Entfernung viel mehr ist als 1 : 100, so sind Schleusen keine passende und einfache Methode, wegen der Vergrösserung des Hubes und der übermässigen Verkürzung der Stromstrecken.

2. Gruppen von Schleusen oder Hebewerken sind, bei Wassermangel und bedeutendem Verkehr, geeignete Systeme zur Ueberwindung von plötzlichem Geländewechsel; aber Hebe-

werke taugen nicht für Steigungen, die kleiner sind als ungefähr 40 Fuss (12,19 m), wo eine Gruppe von mindestens drei Schleusen erforderlich sein würde. Hebewerke sind weniger passend als Schleusen zur Ueberwindung des Aufstieges auf gleichmässig abfallendem Boden, da sie sich besser für grosse Anhöhen eignen.

3. Geneigte Ebenen eignen sich zur Ergänzung von Schleusen und Hebewerken bei der Vergrösserung von Kanälen, da sie ein gutes Hilfsmittel sind zur Ersteigung langer, ziemlich gleichmässiger Abhänge, welche entschieden steiler sind als 1:100. Obgleich Hebewerke in den letzten Jahren grössere Fortschritte gemacht haben, als geneigte Ebenen, da man die ersteren für viel grössere Fahrzeuge geeignet machte, so scheint doch kein Hindernis im Wege zu sein, um geneigte Ebenen zur Beförderung von noch grösseren schwimmenden Fahrzeug anzuwenden. Wie geneigte Ebenen gleich Hebewerken vorteilhaft sind bei Wassermangel, so ersparen sie ebenfalls Zeit, selbst im Vergleich zu Hebewerken, denn das Fahrzeug legt, während es auf der geneigten Ebene hinabgleitet, einen Teil der Kanalstrecke und somit einen beträchtlichen Teil seines Weges zurück: schliesslich kann man ihnen mit verhältnismässig geringen Kosten jede gewünschte Länge geben. Geneigte Ebenen scheinen in der Tat eine grosse Bedeutung zu erlangen bei der Verlängerung von Kanälen durch Gegenden, welche infolge der Bodenbeschaffenheit mit mässigem Kostenaufwand auf keinem andern Wege überschritten werden könnten.

30. December 1904.

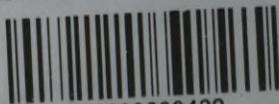
L.-F. VERNON-HARCOURT.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-349872

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000299428