

*Symphor*  
*Geheimer Baurath.*

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II

4649

L. inw.

# RTSKANÄLE

LLEN OHNE SCHLEUSEN

NEUE SYSTEME

VON

SIGISMUND FEKETE

INGENIEUR

SECTIONS-RATH IM KÖN. UNG. ACKERBAUMINISTERIUM



BUDAPEST

„Patria” literar. Unternehmung und Buchdruckerei-Act.-Ges.

1902

G.46

27a



# SCHIFFFAHRTSKANÄLE

MIT GROSSEN GEFÄLLEN OHNE SCHLEUSEN

NEUE SYSTEME

VON

SIGISMUND FEKETE

INGENIEUR

SECTIONS-RATH IM KÖN. UNG. ACKERBAUMINISTERIUM



BUDAPEST

„Pátria“ literar. Unternehmung und Buchdruckerei-Act.-Ges.

1902

1608<sup>x</sup>



II 4649

Akc. Nr. 2883/60

## 1. Die Überwindung der Steigung resp. des Gefälle ohne Schleusen.

Bei dem Baue schiffbarer Kanäle wird die Steigung resp. das Gefälle des natürlichen Terrains paralytirt (entkräftet) damit das für die Schifffahrt genügende Wassertiefe besitzende Querprofil, auch mit geringer secundlichen Wassermenge, angefüllt und die Bewegung des Schiffes durch die im Kanale auftretende Geschwindigkeit des Wassers nicht gehindert werde.

Für diesen Zweck wird der Kanal in Haltungen mit beinahe horizontaler Sohle eingeteilt, auf deren Ende dem absolutem Gefälle entsprechende Stufen entstehen. Um das Herabstürzen des Wassers aus einer höheren Haltung in eine tiefere zu verhindern, resp. zur Überwindung der einzelnen Treppen dienen die Kammerschleusen, durch welche die auf dem Kanale verkehrenden Fahrzeuge aus einer höher liegenden Haltung in eine tiefer liegende, und auch umgekehrt, gelangen.

Die Entkräftung der Gefälle kann auch ohne Kammerschleusen gewissermassen erreicht werden, wenn im freien Kanale ein je grösserer Teil der lebendigen Kraft des Wassers, d. h. der gleichwertigen mechanischen Arbeit, deren Haupt-Factor das Gefälle ist, gebunden wird, um trotz grösseren Gefälles eine geringere Geschwindigkeit des Wassers herbeizuführen. Dies kann auf folgende Art geschehen:

1. Durch Vermehrung der in den Kanal einzuleitenden Wassermenge.

Um dass auch eine grössere Wassermenge durch dasselbe Querprofil des Kanales durchfliessen könne, muss unbedingt auch die mittlere Geschwindigkeit vergrössert werden, was die Anwendung eines grösseren Gefälles benöthigt.

Auf diese Weise können mit Einleitung grösserer Wassermenge auch grössere Niveau-Differenzen in offenen Kanälen

überwunden und so die Anzahl der Kammerschleusen schon vermindert werden.

2. Durch die Vergrößerung der Rauheit des Kanalprofils das h. durch Vermehrung der Reibung.

Damit dieselbe Wassermenge auch bei grösserer Reibung durch ein gleich grosses Querprofil durchfliessen könne, muss das Gefälle, um die entsprechende mittlere Geschwindigkeit zu erreichen, vergrößert werden.

Auf diese Weise können in Kanälen, mit grössere Reibung besitzenden Querprofilen auch grössere Niveau-Differenzen überwunden und so die Anzahl der Kammerschleusen vermindert werden.

Die zwei, oben erwähnten Mitteln lassen sich aus den bekannten Prinzipien der empirischen Hydraulik ableiten und deswegen ist es überflüssig sich mit denselben hier näher zu befassen. Wir bringen zwar auch diese zwei Mitteln in Anwendung, aber wir müssen voraus bemerken, dass in solchen schiffbaren Kanälen, bei welchen die Geschwindigkeit des Wassers gering ist, die bis jetzt erwähnten zwei Mitteln nicht zu einem erheblicheren Resultate führen.

Zur Paralysierung der Wirkung der Gefälle in erheblicherem Masse dienen folgende zwei Mitteln:

3. *Die Änderung der Neigungs- oder Gefällslinie.*

4. *Herstellung einer Geschwindigkeits-Änderung in der Bewegung des Wassers.* Aber nur in solchem Masse, dass die Geschwindigkeit gewisse Grenzen nicht überschreiten könne.

Das unter 3 erwähnte Mittel beruht auf dem Principe *des mechanischen Arbeits-Parallelogrammes*. Aus diesem Principe folgt nämlich, dass das absolute Gefälle zwischen zwei Punkten verschiedener Weise verteilt sein kann; das h. zwischen zwei Punkten, bei einem und demselben absoluten Gefälle, die Neigungs- oder Gefällslinien können verschiedene Formen und relat. Gefälle haben.

So ist durch Verlängerung des Fluss-Schlauches kleineres relat. Gefälle und hiedurch leichtere Schifffahrt erreichbar. *Damit sind wir aber befähigt, mit Modificirung der Gefällslinie, bedeutend grosse Gefälle auch auf kürzere Distanz so zu verteilen, dass, trotz einer erheblichen Vergrößerung des relativen Gefalles, die Geschwindigkeit des Wassers nicht stärker werde als es gerade*

*zweckmässig ist*; und so können die Fahrzeuge nicht nur ab-, sondern auch aufwärts gezogen und die Schleusen erspart werden.

Bei Bewegung mit veränderlicher Geschwindigkeit wirken nach der Mechanik die sogen. *inneren Kräfte*. Bei unveränderlicher, das h. bei gleichförmiger Geschwindigkeit stehen diese Kräfte im Gleichgewichte, das h. ihr Resultant ist gleich Null.

*Die inneren, resp. die ungleichförmige Bewegung erzeugenden Kräfte können daher die Grösse des nötigen relat. Gefälles auch modificiren.* Es müssen diese Kräfte nur so gelenkt werden, dass sie einen gewissen Teil des gegebenen Gefälles für sich verbrauchen und dadurch diesen Teil *für die Bewegung des Wassers* wirkungslos machen.

## 2. Die Normalien unserer Berechnungen.

Das im obigen Kapitel unter 3 angegebene Prinzip werden wir weiter unten ausführlicher erörtern. Das unter 4 erwähnte Prinzip bedingt die Kenntniss einer entsprechenden rationellen Gleichung der Hydraulik, deren Ableitung und Behandlung wir für ein besonderes Werk uns vorbehalten. *Gegenwärtig beschränken wir uns nur auf die bei den schiffbaren Kanälen anwendbaren Hauptfälle.*

Diese Hauptfälle sind durch die verfügbare Wassermenge und deren im Kanal-Querschnitte entstehenden oder zweckmässig gewählten Geschwindigkeit gegeben.

*Der Querschnitt des Kanales* wird zuerst für einspurige, nachher für zweispurige Kanäle berechnet. Im ersten Falle nehmen wir *die Sohlenbreite* mit 9, im zweiten Falle mit 18 Meter an. Es versteht sich von selbst, dass im Kanale mit 9 Met. Sohlenbreite zwei sich begebende Schiffe nur bei den Erweiterungen oder Ausweich-Stationen einander ausweichen können.

Wir nehmen *die kleinste Wassertiefe* im Kanale mit 2.3 Met., und die Böschungen mit einer Neigung von  $1:1\frac{1}{2}$  an.

Es wird bemerkt, dass wenn in den erwähnten Abmessungen kleinere Abweichungen vorkommen, zum B. die Sohlen-Breite etwas kleiner oder grösser genommen, oder die Böschung von einem gewissen Punkte gegen den Wasserspiegel zu eine Neigung von  $1:2$  haben wird, jedoch der Flächeninhalt des Querschnittes und damit die Geschwindigkeit des Wassers sich nur unbeträcht-

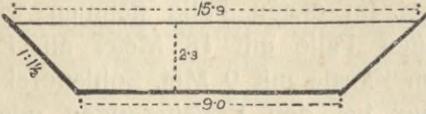
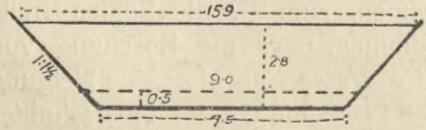
lich verändert, können die weiter unten angegebenen Werte beibehalten werden.

Die Wassermengen pro Sec. wurden mit 2, 4, 6 und 10 Kubikm. angenommen.

Für die relativen Gefälle bei jeder dieser Mengen sind in den nachfolgenden Tabellen zwei Werte angegeben. Die obere Zahl bezieht sich auf eine gewöhnliche Rauheit der Kanalfläche (Kanäle in Erde oder mit gewöhnlichen Dichtungen). Die untere Zahl bezieht sich auf Kanäle mit sehr rauhen Flächen (zum B. auf Kanäle mit grossem Geschiebe oder eckigen Bruchsteinen angefertigten Dichtungen, oder mit Steinwürfen und sehr rauhen Steinbekleidungen u. s. w.)

In folgender Tabelle sind mitgeteilt: die bei der Berechnung angenommenen Querschnitte (Typen) und Wassermengen, die entsprechende gleichförmige mittlere Geschwindigkeit, die gerechneten nötigen relat. Gefälle, welche bei den obenerwähnten Wassermengen klein sind.

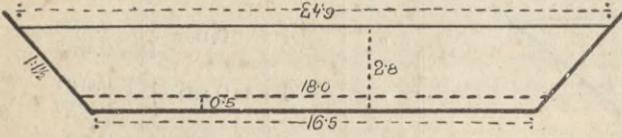
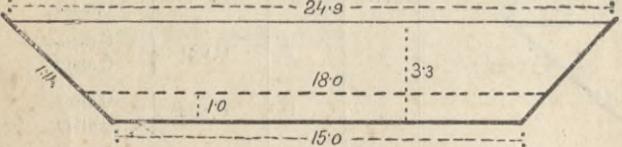
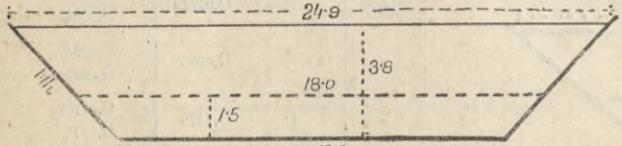
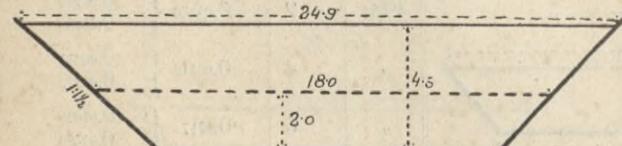
TABELLE A).

Querschnitte	Benässte Fläche $F$ □ Met.	Wassermenge pro Sec. $Q$ Kub.-Met.	Mittlere Geschwindigkeit $c$ Meter	Relatives Gefälle pro Kilometer
Nr. 1.  Benässter Umfang $p = 17.3$ Met.	28.63	2	0.07	$\left. \begin{array}{l} 0.00597 \\ 0.00781 \end{array} \right\}$
	"	4	0.14	
	"	6	0.21	$\left. \begin{array}{l} 0.02565 \\ 0.04185 \end{array} \right\}$
	"	10	0.35	
Nr. 1a.  Benässter Umfang $p = 17.6$ Met.	32.76	2	0.06105	$\left. \begin{array}{l} 0.004451 \\ 0.005685 \end{array} \right\}$
	"	4	0.1221	
	"	6	0.18315	$\left. \begin{array}{l} 0.01833 \\ 0.03035 \end{array} \right\}$
	"	10	0.30525	

## Querschnitte

Querschnitte	Benässte Fläche $F$ □ Met.	Wassermeuge pro Sec. $Q$ Kub.-Met.	Mittlere Geschwindigkeit $c$ Meter	Relatives Gefälle pro Kilometer
<p>Nr. 1b.</p> <p>Benässter Umfang <math>p = 17.9</math> Met.</p>	36.18	2	0.0554	0.00365 0.00455
	"	4	0.1108	0.00838 0.01208
	"	6	0.1662	0.01454 0.02396
	"	10	0.277	0.0353 0.0589
<p>Nr. 1c.</p> <p>Benässter Umfang <math>p = 18.2</math> Met.</p>	38.76	2	0.0515	0.009077 0.00884
	"	4	0.1031	0.007165 0.01017
	"	6	0.1546	0.01231 0.01913
	"	10	0.2577	0.02551 0.04445
<p>Nr. 1d.</p> <p>Benässter Umfang <math>p = 18.5</math> Met.</p>	40.68	2	0.04925	0.00279 0.003455
	"	4	0.0985	0.00649 0.00914
	"	6	0.1478	0.01108 0.0171
	"	10	0.2463	0.02284 0.03947
<p>Nr. 2.</p> <p>Benässter Umfang <math>p = 26.3</math> Met.</p>	49.33	2	0.04056	0.00286 0.00348
	"	4	0.08113	0.00651 0.00872
	"	6	0.1217	0.01089 0.01586
	"	10	0.2028	0.0218 0.0356

## Querschnitte

Querschnitte	Benässte Fläche $F$ □ Met.	Wassermenge pro Sec. $Q$ Kub.-Met.	Mittlere Geschwindigkeit $c$ Meter	Relatives Gefälle pro Kilometer
Nr. 2a.	57.96	2	0.0345	0.00204 0.002385
 <p>Benässter Umfang <math>p = 26.8</math> Met.</p>	"	4	0.069	0.004545 0.00565
	"	6	0.10352	0.00749 0.01055
	"	10	0.1725	0.0147 0.0231
Nr. 2b.	65.83	2	0.0304	0.001575 0.0018
 <p>Benässter Umfang <math>p = 26.9</math> Met.</p>	"	4	0.0608	0.003455 0.004396
	"	6	0.0912	0.00565 0.00777
	"	10	0.152	0.0108 0.01655
Nr. 2c.	72.96	2	0.0274	0.001365 0.00144
 <p>Benässter Umfang <math>p = 27.2</math> Met.</p>	"	4	0.0547	0.002795 0.003478
	"	6	0.0822	0.00449 0.006065
	"	10	0.137	0.00865 0.01302
Nr. 2d.	79.33	2	0.02522	0.001064 0.001203
 <p>Benässter Umfang <math>p = 27.5</math> Met.</p>	"	4	0.05044	0.002312 0.00286
	"	6	0.07566	0.003751 0.005
	"	10	0.1261	0.00714 0.01056

## Bemerkungen.

Aus der Tabelle ist zu ersehen, dass die Kammerschleusen in Kanälen mit geringem Gefälle und bei gleichförmiger Bewegung des Wassers erst dann vermeidbar sind, wenn die Fläche eines möglichst kleinen Querprofiles sehr rauh, und in Folge dessen die Reibung an der benässter Fläche sehr gross ist; ferner dann, wenn in den Kanal eine grössere Wassermenge eingeleitet wird. Zum B. bei dem Querschnitte Nr. 1. mit 10 K. Met. Wassermenge und sehr rauhen Flächen ist das relative Gefälle pro Meter  $I = 0.0001002$ . Mit diesem relat. Gefälle, auch bei gleichmässiger Verteilung desselben, sind die Kammerschleusen bei gewissen absol. Gefällen gänzlich oder doch grösstenteils schon vermeidbar. Die Geschwindigkeit (0.35 Met.) ist jedoch so gross, dass in Folge dessen die Hinaufbeförderung der Schiffe, mit thierischer Kraft, schon erschwert wird und deshalb die Einrichtung mechanisches Schiffszuges benötigt wird.

Wendet man in der Tabelle A) mitgetheilten Querprofile bei einer ungleichförmiger Bewegung an, so vermehrt sich die Erdbarbeit nicht proportionell mit der Profil-Tiefe, weil die Neigungsebene der Sohle — wie es sich weiter unten herausstellen wird — in solcher Höhe gelegt werden kann, wo tiefe Einschnitte oder zu grosse Dämmungen vermieden werden können.

## 3. Kanal-Treppen oder Stufenfolgen.

Um die Steigungen resp. das Gefälle in offenen Kanälen so zu verteilen, dass im Kanale das Wasser mit einer kleinen Geschwindigkeit fliessend ein grosses Profil anfülle, und das Gefälle auf der im 1-ten Kap. erwähnten Weise zu paralysiren, kann man mit den in der Tabelle A) gegebenen Normalien verschiedene Einrichtungen kombiniren.

Die Gefälle, welche durch diese kombinirte Verteilung der Steigungen resp. Neigungen gebildet werden, nennen wir *Treppen* (Treppensysteme) oder *Stufenfolgen*. An den einzelnen Stufen dieser Treppen verändern sich die Querprofile, und zwar nach gewissen Übergangslinien.

Auf der Zeichnungs-Beilage haben wir vier Treppensysteme oder Stufenfolgen aufgezeichnet, welche unter allen

Kombinationen unserer Normalien am meisten zweckentsprechend scheinen.

Die einzelnen Treppen-Teile auf welche bestimmte Steigungen verteilt sind, werden Treppen-Abteilungen (Treppenabsatz) genannt. Jede Abteilung hat, je nach der Steigungs-Grösse oder nach anderen Umständen, ein oder zwei Stufen.

Die Treppenabteilungen in einer gegebenen Linie oder Section wiederholen sich so oft, wie dies die geeignete Einteilung oder die Linienlänge erfordert.

*Die Treppensysteme, welche wir in Vorschlag bringen, sind folgende :*

## I. Erste Treppe oder Stufenfolge.

*a) Die anzuwendenden Querschnitte sind die in der Tabelle A) mit Nr. 1 ~ 1d. bezeichneten.*

Die Übergänge aus einem Profile in das andere sind folgende.

Zwischen den Punkten *A* und *B* wird der Querschnitt *Nr. 1*. angewendet. Dieser verwandelt sich beim Punkte *B* mit einem Sohlensturze (mit senkrechter Stufe) in einen der mit *Nr. 1a ~ 1d.* bezeichneten Querschnitte. Der betreffende gewählte Querschnitt bleibt mit horizontaler Kanalsohle unverändert bis Punkt *C*.

Zwischen den Punkten *A* und *B* kann der Übergang aus dem Querschnitte *Nr. 1* in einen der Querschnitte *Nr. 1a ~ 1d.* auch so geschehen, dass beim Punkte *B* kein Absturz entsteht, sondern das Gefälle wird zwischen den genannten Punkten auf die Länge  $L_1$  verteilt.

In Folge der kleineren Geschwindigkeit, resp. tieferen Wasserschichte, zwischen den Punkten *B* und *C* wird der Wasserspiegel auf der Strecke *AB* annähernd horizontal.

Zwischen den Punkten *C* und *D* verwandelt sich der betreffende Querschnitt nach und nach in den Querschnitt *Nr. 1*. Der Wasserspiegel wird bei einer horizontalen oder gegen den Punkt *D* zugeneigten Sohle fallen und zwar:

ist die Kanalsohle zwischen *C* und *D* horizontal, so wird das Gefälle des Wasserspiegels von Punkte *C* bis *D* gleich gross sein, wie der Sturz am Punkte *B*, resp. das Gefälle vom Punkte *A* bis *B* und so wird  $h_3 = h_1$  sein.

Hat aber zwischen  $C$  und  $D$  die Kanalsohle auch ein bestimmtes Gefälle  $h_2$ , so wird  $h_3 = h_1 + h_2$  sein.

Die Treppenabteilung kann entweder am Punkte  $D$  enden oder es wird bis  $E$  ein Becken, mit gleicher oder grösserer Wassertiefe wie die des Querschnittes *Nr. 1.* ist, für das Ausweichen der Schiffe eingeschaltet. *Dieser Becken wird in Folge seiner Rückwirkung das stärkere oder sogar sturzartige Fallen des Wasserspiegels verhindern.* Am Punkte  $E$  wiederholt sich ein Übergang in einen der Querschnitte  $1a \rightsquigarrow 1d.$ , wie am Punkte  $B$ , und folgt eine neue Treppen-Abteilung.

Endet am Punkte  $D$  die Abteilung nicht, so folgt eine ähnliche Treppe wie zwischen  $B$  und  $D$  bis zum Punkte  $F$ , wo eine Ausweichstation errichtet wird.

Die Sohlenabstürze oder die entsprechenden Gefälle (zwischen den Punkten  $A$  und  $B$ ) können dem Unterschiede zwischen dem Querschnitt *Nr. 1.* und *Nr. 1a \rightsquigarrow 1d.*, respektive deren Wassertiefen gemäss 0.5, 1, 1.5, und 2 Me $\ddot{t}$ . gross sein. Das Gefälle zwischen den Punkten  $C$  und  $D$  kann von diesen Massen auch abweichen.

Die Wasserspiegelbreite des Kanals ist bei den oben beschriebenen Übergängen, mit Ausnahme der Ausweichstationen, überall constant. Es ändert sich nur die Sohlenbreite und die Wassertiefe (mit diesen natürlich auch die Geschwindigkeit des Wassers).

Auf der beigelegten Tafel ist die Veränderung der Kanalsohle im Grundrisse aufgezeichnet. Die Übergangslinie zwischen den Punkten  $C$  und  $D$ , oder  $E$  und  $F$  kann verschieden sein. Damit werden wir uns weiter unten näher befassen.

b) *Die anzuwendenden Querschnitte sind die in der Tabelle A) mit Nr. 2 \rightsquigarrow 2d bezeichneten.*

Die Übergänge und Einteilung der einzelnen Treppenabteilungen sind den oben beschriebenen ähnlich, nur werden statt den Querprofilen *Nr. 1.* und  $1a \rightsquigarrow 1d.$  die mtt *Nr. 2.* und  $2a \rightsquigarrow 2d.$  bezeichneten angewendet.

Der Kanal ist mit den in diesem Falle angewendeten Abmessungen breit genug, dass zwei sich begegnende Schiffe einander ausweichen können. Deshalb sind besondere Ausweichstationen, ausser den Umschlagsplätzen, überflüssig.

Die Veränderung der Geschwindigkeit bei den in Rechnung gezogenen Wassermengen wird in dem Falle geringer sein wie in dem unter a) Erörtertem.

### Bemerkung.

Weder die Veränderung im Gefälle des Wasserspiegels noch die der Kanalsohle kann in der Natur so auffallend werden wie dies in der im verzehrten Massstabe gezeichneten Figur zu ersehen ist (siehe beigefügtes Blatt). Die Veränderung der Breite wird unsichtbar werden, weil diese unter dem Wasserspiegel sich vollziehen wird.

Das Gefälle zwischen den Punkten *C* und *D* resp. *E* und *F* wird nur in Ausnahmefällen so beträchtlich sein, dass dies in der Gefällsline eine, mit dem freien Auge bemerkbare Änderung verursachen könne. Es kann jedoch vorkommen, dass in dem Falle, wenn ein grösseres Gefälle auf eine verhältnissmässig kurze Entfernung verteilt sein wird, der Unterschied der Eintauchung des Fahrzeuges an dessen vorderen und hinteren Teile gross, und daher das Aufwärtsziehen der Schiffe bedeutend erschwert wird. In diesem Falle tritt die Notwendigkeit des mechanischen Schiffszuges ein.

Diese Bemerkungen gelten auch bei den übrigen, weiter unten beschriebenen Treppen.

## Das relative Gefälle bei dem Treppensystem Nr. I.

*Bei Veränderung der Geschwindigkeit zwischen zwei gegebenen Grenzprofilen kann die Höhenlage dieser Profile zu einander, resp. das absolute Gefälle zwischen den Grenzpunkten unendlich verschieden sein, ohne dass die den gegebenen Querprofilen und der darin durchfliessenden Wassermenge entsprechende Geschwindigkeit sich ändere; vorausgesetzt, dass auch die Gültigkeit derselben an den zwei Grenzen gesichert ist.*

Ist dies geschehen, so kann weder das zwischen den zwei Grenzpunkten vorhandene absolute Gefälle, noch die grössere oder kleinere Entfernung derselben *auf die in den Grenzprofilen auftretende Geschwindigkeit des Wassers verändernd wirken.*

Mit anderen Worten gesagt: *können bei veränderlicher Bewegung zwischen zwei Grenzen unzählige relative Gefälle vorkommen, ohne dass dieselben auf die in den zwei Grenzen auftretende*

*Geschwindigkeit des Wassers wirken würden*; mithin müssen in dem Wasser neue Kräfte in Tätigkeit treten, welche einen entsprechenden Teil des Gefälles neutralisieren. Diese sind die im 1-tem Kap. schon erwähnten inneren Kräfte.

Im Allgemeinen können also zwischen zwei gegebenen Grenzpunkten unzählbare verändernde Geschwindigkeiten des Wassers und unendlich viele relative Gefälle vorkommen. Bei gegebenen Einrichtungen können aber ihre Werte nur mehr zwischen bestimmten Grenzen variieren und nur *die Verteilung des relat. Gefälles am Wasserspiegel und an der Kanalsohle verschieden sein, jedoch immer nur so, dass der Resultant des relativen Gefälles in beliebigen Punkten, den wirkenden inneren Kräften entsprechend, unverändert bleibt.*

In der folgenden Tabelle sind jene Durchschnittswerte der veränderlichen Geschwindigkeit resp. der bezüglichen resultierenden relat. Gefälle gegeben, welche wir bei Auflösung unserer Aufgaben für am meisten zweckentsprechend hielten und rationell gerechnet haben.

Es ist Sache eines weiteren Verfahrens zu prüfen, wie man die vorhandenen Gefälle bei angenommener Einrichtung am zweckentsprechendsten verteilen kann?

In der Tabelle sind neben dem Durchschnittswerte der veränderlichen Geschwindigkeiten zwei relat. Gefälle angegeben. Die obere Zahl bezieht sich auf Kanäle mit gewöhnlicher Reibung, die untere Zahl aber auf Kanäle mit sehr rauhen Flächen.

Es wird bemerkt, dass bei der Berechnung der Durchschnittsgeschwindigkeit das arithmetische Mittel der zwei Grenzprofilen angewendet ist. Wenn zum B. die benässte Fläche der oberen Grenze mit  $F_1$ , die der unteren Grenze mit  $F_2$ , die secundliche Wassermenge mit  $Q$  bezeichnet wird, so ist die Durchschnittsgeschwindigkeit, vorausgesetzt, dass der Übergang aus einem Querschnitte in den andern nicht plötzlich sondern nach und nach geschieht,

$$c_k = \frac{2Q}{F_1 + F_2}$$

# Relative Gefälle bei dem Treppen-System Nr. I.

I. TABELLE.

Post-Nr.	Bezeichnung der Querschnitts-Veränderung und der Geschwindigkeit in den Grenzprofilen. Das absolute Gefälle $h$ (Differenz in den Wassertiefen an den Grenzpunkten).	Wassermenge pro Sec. $Q$	Die Durchschnitts-Geschwindigkeit $c_k = \frac{2Q}{F_1 + F_2}$	Das relative Gefälle $i$
1	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 1 in den mit Nr. 1a bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{28.6 + 32.8} = 0.06514$	0.00007485 0.00007825
2	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.07 ~ 0.35 Met.	4	$\frac{8}{61.4} = 0.1303$	0.0000857 0.0000919
3	" " unteren " " 0.061 ~ 0.3052 " $h = 0.5$ Meter.	6	$\frac{12}{61.4} = 0.1954$	0.0000968 0.000101
4	Die Breite an der Sohle zw. 9 ~ 7.5 Met.	10	$\frac{20}{61.4} = 0.3257$	0.0001254 0.0001644
5	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 1 in den mit Nr. 1b bezeichneten (siehe Tabelle A).	2	$\frac{2 \times 2}{28.6 + 36.1} = 0.06182$	0.0000848 0.0000862
6	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.07 ~ 0.35 Met.	4	$\frac{8}{64.7} = 0.1236$	0.0000984 0.0001041
7	" " unteren " " 0.0554 ~ 0.277 " $h = 1$ Meter.	6	$\frac{12}{64.7} = 0.1855$	0.0001185 0.0001254
8	Die Sohlenbreite zw. 9 ~ 6 Met.	10	$\frac{20}{64.7} = 0.3091$	0.0001497 0.0001851
9	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 1 in den mit Nr. 1c bezeichneten (siehe Tabelle A).	2	$\frac{2 \times 2}{28.6 + 38.8} = 0.05935$	0.000093 0.0000948
10	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.07 ~ 0.35 Met.	4	$\frac{8}{67.4} = 0.1187$	0.0001135 0.000117
11	" " unteren " " 0.0515 ~ 0.2577 " $h = 1.5$ Met.	6	$\frac{12}{67.4} = 0.178$	0.0001328 0.0001428
12	Die Sohlenbreite zw. 9 ~ 4.5 Met.	10	$\frac{20}{67.4} = 0.2967$	0.0001748 0.0002088

Post-Nr.	Bezeichnung der Querschnitts-Veränderung und der Geschwindigkeit in den Grenzprofilen. Das absolute Gefälle $h$ (Differenz in den Wassertiefen an den Grenzpunkten).	Wassermenge pro Sec. $Q$	Die Durchschnitts-Geschwindigkeit $c_k = \frac{2Q}{F_1 + F_2}$	Das relative Gefälle $i$
13	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 1. in den mit 1d bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{28.6 + 40.6} = 0.0578$	0.0001017 0.000103
14	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.07 ~ 0.35 Met.	4	$\frac{8}{69.2} = 0.1156$	0.0001226 0.000128
15	" " unteren " " 0.0492 ~ 0.2403 " " $h = 2$ Met.	6	$\frac{12}{69.2} = 0.1734$	0.000145 0.0001391
16	Die Sohlenbreite zw. 9 ~ 3 Met.	10	$\frac{20}{69.2} = 0.289$	0.0001965 0.0002302
17	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 1a in den mit 1. bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{32.8 + 28.6} = 0.06514$	0.0000861 0.0000882
18	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.061 ~ 0.3052 Met.	4	$\frac{8}{61.4} = 0.1303$	0.0000968 0.0001045
19	" " unteren " " 0.07 ~ 0.35 " " $h = 0.5$ Met.	6	$\frac{12}{61.4} = 0.1954$	0.0001101 0.0001975
20	Die Sohlenbreite zw. 7.5 ~ 9 Met.	10	$\frac{20}{61.4} = 0.3257$	0.000144 0.0001933
21	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 1b in den mit 1. bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{36.1 + 28.6} = 0.06182$	0.0001 0.000102
22	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.0554 ~ 0.277 Met.	4	$\frac{8}{64.7} = 0.1236$	0.0001167 0.0001256
23	" " unteren " " 0.07 ~ 0.35 " " $h = 1$ Met.	6	$\frac{12}{64.7} = 0.1855$	0.0001359 0.0001542
24	Sohlenbreite zwischen 6 ~ 9 Met.	10	$\frac{20}{64.7} = 0.3091$	0.0001829 0.0002342
25	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 1c in den mit 1 bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{38.8 + 28.6} = 0.05995$	0.0001114 0.0001134
26	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.0515 ~ 0.2577 Met.	4	$\frac{8}{67.4} = 0.1187$	0.000133 0.0001415
27	" " unteren " " 0.07 ~ 0.35 " " $h = 1.5$ Met.	6	$\frac{12}{67.4} = 0.178$	0.0001575 0.0001764
28	Sohlenbreite zwischen 4.5 ~ 9 Met.	10	$\frac{20}{67.4} = 0.1967$	0.000215 0.000268

Post-Nr.	Bezeichnung der Querschnitts-Veränderung und der Geschwindigkeit in den Grenzprofilen. Das absolute Gefälle $h$ (Differenz in den Wassertiefen an den Grenzpunkten).	Wassermenge pro Sec. $Q$	Die Durchschnitts-Geschwindigkeit $ck = \frac{2Q}{F_1 + F_2}$	Das relative Gefälle $i$
29	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 1d in den mit 1 bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{40.6 + 28.6} = 0.0578$	0.0001197 0.0001214
30	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.0492 ~ 0.2463 Met.	4	$\frac{8}{69.2} = 0.1156$	0.0001449 0.0001532
31	" " unteren " " 0.07 ~ 0.35 "	6	$\frac{12}{69.2} = 0.1734$	0.0001728 0.0001921
32	$h = 2$ Met. Sohlenbreite zwischen 3 ~ 9 Met.	10	$\frac{20}{69.2} = 0.289$	0.000238 0.0002918
33	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2. in den mit Nr. 2a bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{49.3 + 57.96} = 0.03728$	0.0000685 0.000069
34	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.0406 ~ 0.203 Met.	4	$\frac{8}{107.3} = 0.0745$	0.00007385 0.0000751
35	" " unteren " " 0.0345 ~ 0.1725 "	6	$\frac{12}{107.3} = 0.1118$	0.000079 0.000083
36	$h = 0.5$ Met. Sohlenbreite zwischen 18 ~ 16.5 Met.	10	$\frac{20}{107.3} = 0.1864$	0.000092 0.0001042
37	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2. in den mit 2b bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{49.3 + 65.8} = 0.03475$	0.000076 0.0000765
38	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.0406 ~ 0.203 Met.	4	$\frac{8}{115.1} = 0.0695$	0.0000846 0.0000862
39	" " unteren " " 0.0304 ~ 0.152 "	6	$\frac{12}{115.1} = 0.10425$	0.0000937 0.0000972
40	$h = 1$ Met. Sohlenbreite zwischen 18 ~ 15 Met.	10	$\frac{20}{115.1} = 0.1737$	0.0001134 0.0001233
41	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2. in den mit Nr. 2c bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{49.3 + 73} = 0.0327$	0.0000911 0.0000941
42	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.0406 ~ 0.203 Met.	4	$\frac{8}{122.3} = 0.0654$	0.0001019 0.0001088
43	" " unteren " " 0.0274 ~ 0.137 "	6	$\frac{12}{122.3} = 0.0981$	0.000113 0.0001191
44	$h = 1.5$ Met. Sohlenbreite zwischen 18 ~ 13.5 Met.	10	$\frac{20}{122.3} = 0.1635$	0.0001385 0.0001605

Post.-Nr.	Bezeichnung der Querschnitts-Veränderung und der Geschwindigkeit in den Grenzprofilen. Das absolute Gefälle $h$ (Differenz in den Wassertiefen an den Grenzpunkten).	Wassermenge pro Sec. $Q$	Die Durchschnitts-Geschwindigkeit $c_k = \frac{2Q}{F_1 + F_2}$ .	Das relative Gefälle $i$
45	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2 in den mit 2d bezeichneten (siehe Tab. A)	2	$\frac{2 \times 2}{49.3 + 79.3} = 0.0311$	0.000111 0.0001181
46	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.0406 ~ 0.203 Met.	4	$\frac{8}{128.6} = 0.0622$	0.0001238 0.0001389
47	" " unteren " " 0.0252 ~ 0.1261 " " $h = 2$ Met.	6	$\frac{12}{128.6} = 0.0933$	0.0001378 0.0001609
48	Sohlenbreite zwischen 18 ~ 12 Met.	10	$\frac{20}{128.6} = 0.1556$	0.0001682 0.0002097
49	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2a in den mit 2 bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{58 + 49.3} = 0.03728$	0.0000778 0.0000785
50	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.0345 ~ 0.1725 Met.	4	$\frac{8}{107.3} = 0.0745$	0.0000837 0.0000861
51	" " unteren " " 0.0406 ~ 0.2028 " " $h = 0.5$ Met.	6	$\frac{12}{107.3} = 0.1118$	0.0000906 0.000096
52	Sohlenbreite zwischen 16.5 ~ 18 Met.	10	$\frac{20}{107.3} = 0.1864$	0.0001062 0.0001212
53	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2b in den mit 2. bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{65.8 + 49.3} = 0.03475$	0.000093 0.0000935
54	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.0304 ~ 0.1505 Met.	4	$\frac{8}{115.1} = 0.0695$	0.0001036 0.0001061
55	" " unteren " " 0.0406 ~ 0.2028 " " $h = 1$ Met.	6	$\frac{12}{115.1} = 0.10425$	0.000115 0.0001206
56	Sohlenbreite zwischen 15 ~ 18 Met.	10	$\frac{20}{115.1} = 0.1737$	0.0001409 0.0001567
57	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2c in den mit Nr. 2 bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{73 + 49.3} = 0.0327$	0.000091 0.0000945
58	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.0274 ~ 0.137 Met.	4	$\frac{8}{122.3} = 0.0654$	0.000102 0.0001098
59	" " unteren " " 0.0406 ~ 0.2028 " " $h = 1.5$ Met.	6	$\frac{12}{122.3} = 0.0981$	0.0001141 0.0001274
60	Sohlenbreite zwischen 13.5 ~ 18 Met.	10	$\frac{20}{122.3} = 0.1635$	0.0001411 0.0001674

Post-Nr.	Bezeichnung der Querschnitts-Veränderung und der Geschwindigkeit in den Grenzprofilen. Das absolute Gefälle $h$ (Differenz in den Wassertiefen an den Grenzpunkten).	Wassermenge pro Sec. $Q$	Die Durchschnitts-Geschwindigkeit $v_k = \frac{2Q}{F_1 + F_2}$	Das relative Gefälle $i$
61	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2d in den mit 2 bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{79.8 + 49.8} = 0.0311$	0.0001081 0.0001159
62	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.0252 ~ 0.1261 Met.	4	$\frac{8}{128.6} = 0.0622$	0.0001212 0.0001372
63	" " unteren " " 0.0406 ~ 0.2028 " $h = 2$ Met.	6	$\frac{12}{128.6} = 0.0933$	0.0001373 0.0001604
64	Sohlenbreite zwischen 12 ~ 18 Met.	10	$\frac{20}{128.6} = 0.1556$	0.0001725 0.0002186

## II. Zweite Treppe oder Stufenfolge.

Bei der auf zuletzt beigelegtem Blatte unter Nr. II gezeichneten Anordnung ist die Veränderung der Querschnitte folgende.

a) *Übergänge aus den Querschnitten Nr. 2 oder 2a ~ 2d (siehe die Tab. A) in die mit Nr. 1 ~ 1d bezeichneten.*

Zwischen den Punkten  $A'$  und  $A$  ist der Kanal-Querschnitt der mit *Nr. 2* bezeichnete. Dieser übergeht am Punkte  $A$  mit einem Sohlenabsturze, dessen Höhe dem Unterschiede der Wassertiefen dieser Querschnitte gleich ist, in einer der Querschnitte  $2a \sim 2d$ .

Von Punkte  $A$  bis  $B$  übergeht der Querschnitt  $2a \sim 2d$ , entweder mit horizontaler oder mit geneigter Sohle in den mit *Nr. 1 ~ 1d* bezeichneten; folglich ist am Punkte  $B$  das Sohlengefälle entweder gleich Null oder es hat eine gewisse Grösse  $h_u$ . Das Gefälle des Wasserspiegels ist im ersten Falle gleich dem Sohlensturze ( $h_2 = h_1$ ), im zweiten Falle aber gleich der Summe dieses Sohlensturzes und des darauf folgenden Sohlengefälles:  $h_2 = h_1 + h_u$ .

Am Punkte  $B$  übergeht der Querschnitt *Nr. 1 ~ 1d* plötzlich in den mit *Nr. 2* bezeichneten oder in einen noch breiteren Querschnitte. Dieser Querschnitt bleibt bis Punkt  $C$  in einer Länge  $L_3$  unverändert. Es wird daher zwischen den Punkten  $B$  und  $C$  eine beckenartige Verbreiterung eingeschaltet. Das

Sohlengefälle ist hier null, jenes des Wasserspiegels auch nur so gross, wie dies die gleichförmige Bewegung des Wassers zwischen den Punkten *B* und *C* bedingt. Dieses Gefälle ist aber so gering, dass man auch den Wasserspiegel als horizontal annehmen kann.

Vom Punkte *C* bis *D* ist der Übergang derselbe wie zwischen den Punkten *A* und *B*; zwischen den Punkten *D* und *E* ist wieder eine beckenartige Verbreiterung eingeschaltet, wie zwischen den Punkten *B* und *C*.

Die Treppenabtheilung kann entweder bei Punkte *C* oder *E* enden, von wo die Einteilung sich wiederholt.

Die die Sohlen der Querschnitte verbindende Übergangslinie ist in dem auf der zuletzt beigehefteten Tafel befindlichen Grundrisse nach zwei Grenzwerten gerechnet. Mit dieser Übergangslinie werden wir uns später näher befassen.

Bei den oben erläuterten Einrichtungen sind besondere Ausweichstationen für die Schiffe nicht nötig, da in den zwischen den Punkten *B*, *C* und *D*, *E* befindlichen Teilen der Kanal so breit ist, dass die Fahrzeuge dort einander ausweichen können.

*b) Übergänge mit denselben Querschnitten, jedoch in anderer Reihenfolge.*

Zwischen den Punkten *A'* und *A* wird der Querschnitt *Nr. 2* angewendet, welcher bei Punkte *A* mit einem dem Unterschiede der Wassertiefe gleich grossem Sohlensturze plötzlich in den mit *1a ~ 1d* bezeichneten übergeht. Dieser Querschnitt erweitert sich zwischen *A* und *B* nach und nach, und übergeht in den Querschnitt *Nr. 2*, wobei die Sohle entweder horizontal bleibt, oder eine Neigung erhält. Vom Punkte *B* bis *C* wird entweder der Querschnitt *Nr. 2* oder ein noch breiterer angewendet. Am Punkte *C* übergeht dieser mit einem Sohlenabsturze wieder in den Querschnitt *1a ~ 1d*, wobei der Übergang dem oben beschriebenen ähnlich ist.

Bezüglich des Wasserspiegel-Gefälles und der Treppeneinteilung sind obige Bemerkungen zu beobachten.

## Die relativen Gefälle bei dem Treppen-System Nr. II.

Folgende Tabelle enthält die nach obigen Prinzipien gerechneten Resultate.

II. TABELLE.

Post-Nr.	Bezeichnung der Querschnitts-Veränderung und der Geschwindigkeit in den Grenzprofilen. Das absolute Gefälle $h$ (Differenz in den Wassertiefen an den Grenzpunkten).	Wassermenge pro Sec. $Q$	Die Durchschnitts-Geschwindigkeit $ck = \frac{F_1 + F_2}{2}$	Das relative Gefälle $i$
In Tafel Nr. I. 33~48	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2 in den mit Nr. 2a~2d bezeichnete (siehe Tabelle A). Die resultirenden Werte sind in der Tabelle I. mitgeteilt.			siehe Tabelle I.
65	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2a in den mit 1 bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{58 + 28.6} = 0.04619$	0.0001657 0.0002008
66	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.0345~0.1735 Met.	4	$\frac{8}{86.6} = 0.0924$	0.0002015 0.0002718
67	„ „ unteren „ „ 0.07~0.35 „ $h = 0.5$ Met.	6	$\frac{12}{86.6} = 0.1357$	0.0002434 0.0003466
68	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9~15.9 M. „ „ an der Sohle „ 16.5~9 „	10	$\frac{20}{86.6} = 0.2309$	0.0003581 0.0005332
69	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2b in den mit 1 bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{65.8 + 28.6} = 0.04237$	0.0001868 0.0002233
70	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0.0804~0.152 Met.	4	$\frac{8}{94.4} = 0.0847$	0.0002274 0.0003007
71	„ „ unteren „ „ 0.07~0.35 „ $h = 1$ Met.	6	$\frac{12}{94.4} = 0.1271$	0.0002791 0.0003881
72	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9~15.9 M. „ „ an der Sohle „ 15~9 „	10	$\frac{20}{94.4} = 0.2118$	0.0004153 0.0005975

Post-Nr.	Bezeichnung der Querschnitts-Veränderung und der Geschwindigkeit in den Grenzprofilen. Das absolute Gefälle $h$ (Differenz in den Wassertiefen an den Grenzpunkten).	Wassermenge pro Sec. $Q$	Die Durchschnitts-Geschwindigkeit $cx = \frac{2Q}{F_1 + F_2}$	Das relative Gefälle $i$
73	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2c in den mit Nr. 1 bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{73 + 28.6} = 0.0394$	0.0002002 0.0002430
	Geschwindigkeiten :			
74	an der oberen Grenze zw. 0.0274 ~ 0.137 M.	4	$\frac{8}{101.6} = 0.0787$	0.0002509 0.0003206
	" " unteren " " 0.07 ~ 0.35 "			
75	$h = 1.5$ Met.	6	$\frac{12}{101.6} = 0.1181$	0.0003015 0.0004224
	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9 ~ 15.9 M.			
76	" " an der Sohle " 13.5 ~ 9 "	10	$\frac{20}{101.6} = 0.1968$	0.0004676 0.0006555
77	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2d in den mit 1 bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{79.3 + 28.6} = 0.03707$	0.000223 0.0002611
	Geschwindigkeiten :			
78	an der oberen Grenze zw. 0.0252 ~ 0.1261 Met.	4	$\frac{8}{107.9} = 0.0741$	0.000272 0.0003483
	" " unteren " " 0.07 ~ 0.35 "			
79	$h = 2$ Met.	6	$\frac{12}{107.9} = 0.1112$	0.0003364 0.0004524
	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9 ~ 15.9 M.			
80	" " an der Sohle " 12 ~ 9 "	10	$\frac{20}{107.9} = 0.1853$	0.0005128 0.0007046
81	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2a in den mit 1a bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{58 + 32.8} = 0.044052$	0.0001247 0.0001445
	Geschwindigkeiten :			
82	an der oberen Grenze zw. 0.0345 ~ 0.1725 Met.	4	$\frac{8}{90.8} = 0.0881$	0.0001481 0.0001891
	" " unteren " " 0.061 ~ 0.3052 "			
83	$h$ verschieden	6	$\frac{12}{90.8} = 0.1321$	0.0001772 0.0002387
	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9 ~ 15.9 M.			
84	" " an der Sohle " 16.5 ~ 7.5 "	10	$\frac{20}{90.8} = 0.2208$	0.00025 0.0003545
85	Übergang aus dem Querprofile Nr. 2a den mit 1b bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{58 + 36.1} = 0.04251$	0.000102 0.0001138
	Geschwindigkeiten :			
86	an der oberen Grenze zw. 0.0345 ~ 0.1725 Met.	4	$\frac{8}{94.1} = 0.08502$	0.0001198 0.000145
	" " unteren " " 0.0554 ~ 0.277 "			
87	$h = 0.5$ Met.	6	$\frac{12}{94.1} = 0.1275$	0.0001406 0.0001706
	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9 ~ 15.9 M.			
88	" " an der Sohle " 16.5 ~ 6 "	10	$\frac{20}{94.1} = 0.2152$	0.0001917 0.0002631

Post-Nr.	Bezeichnung der Querschnitts-Veränderung und der Geschwindigkeit in den Grenzprofilen. Das absolute Gefälle $h$ (Differenz in den Wassertiefen an den Grenzpunkten).	Wassermenge pro Sec. $Q$	Die Durchschnitts-Geschwindigkeit $v_k = \frac{2Q}{F_1 + F_2}$ .	Das relative Gefälle $i$
89	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2a in den mit 1c bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{58 + 38,8} = 0,04132$	0,0000875 0,0000951
90	an der oberen Grenze zw. 0,0345 ~ 0,1725 Met.	4	$\frac{8}{96,8} = 0,08264$	0,00010205 0,0001183
91	" " unteren " " 0,0515 ~ 0,2577 " $h = 1$ Met.	6	$\frac{12}{96,8} = 0,12397$	0,000187 0,0001446
92	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24,9 ~ 15,9 M. " " an der Sohle " 16,5 ~ 4,5 "	10	$\frac{20}{96,8} = 0,2066$	0,0001575 0,0002062
93	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2a in den mit 1d bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{58 + 40,6} = 0,0457$	0,0000799 0,0000804
94	an der oberen Grenze zw. 0,0345 ~ 0,1725 Met.	4	$\frac{8}{98,6} = 0,08114$	0,0000926 0,0000948
95	" " unteren " " 0,0492 ~ 0,2463 " $h = 1,5$ Met.	6	$\frac{12}{98,6} = 0,1217$	0,0001071 0,000126
96	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24,9 ~ 15,9 M. " " an der Sohle " 16,5 ~ 3 "	10	$\frac{20}{98,6} = 0,20284$	0,0001402 0,0001772
97	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2b in den mit 1a bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{65,8 + 32,8} = 0,04057$	0,0001406 0,0001678
98	an der oberen Grenze zw. 0,0304 ~ 0,152 Met.	4	$\frac{8}{98,6} = 0,08114$	0,0001678 0,0002218
99	" " unteren " " 0,061 ~ 0,3052 " $h = 0,5$ Met.	6	$\frac{12}{98,6} = 0,1217$	0,0002015 0,0002828
100	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24,9 ~ 15,9 M. " " an der Sohle " 15 ~ 7,5 "	10	$\frac{20}{98,6} = 0,20284$	0,0002865 0,0004225
101	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2b in der mit 1b bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{65,8 + 36,1} = 0,03925$	0,0001148 0,0001364
102	an der oberen Grenze zw. 0,0304 ~ 0,152 Met.	4	$\frac{8}{101,9} = 0,0785$	0,0001351 0,0001784
103	" " unteren " " 0,0554 ~ 0,277 " $h$ verschieden.	6	$\frac{12}{101,9} = 0,1178$	0,0001604 0,0002247
104	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24,9 ~ 15,9 M. " " an der Sohle " 15 ~ 6 "	10	$\frac{20}{101,9} = 0,1963$	0,0002201 0,0003282

Post-Nr.	Bezeichnung der Querschnitts-Veränderung und der Geschwindigkeit in den Grenzprofilen. Das absolute Gefälle $h$ (Differenz in den Wassertiefen an den Grenzpunkten).	Wassermenge pro Sec. $Q$	Die Durchschnitts-Geschwindigkeiten $ck = \frac{2Q}{F_1 + F_2}$	Das relative Gefälle $\tau$
105	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2b in den mit 1c bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{65.8 + 38.8} = 0.03824$	0.000101 0.0001141
106	an der oberen Grenze zw. 0.0304 ~ 0.152 Met.	4	$\frac{8}{104.6} = 0.0765$	0.0001154 0.0001466
107	" " unteren " " 0.0515 ~ 0.2577 " $h = 0.5$ Met.	6	$\frac{12}{104.6} = 0.1147$	0.000135 0.0001825
108	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9 ~ 15.9 M. " " an der Sohle " 15 ~ 4.5 "	10	$\frac{20}{104.6} = 0.1912$	0.0001822 0.0002626
109	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2b in den mit 1d bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{65.8 + 40.6} = 0.0376$	0.00009 0.0001022
110	an der oberen Grenze zw. 0.0304 ~ 0.152 Met.	4	$\frac{8}{106.4} = 0.0752$	0.0001042 0.0001295
111	" " unteren " " 0.0492 ~ 0.2463 " $h = 1$ Met.	6	$\frac{12}{106.4} = 0.1128$	0.0001214 0.0001596
112	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9 ~ 15.9 M. " " an der Sohle " 15 ~ 3 "	10	$\frac{20}{106.4} = 0.188$	0.0001617 0.0002277
113	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2c in den mit 1a bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{72.8 + 32.8} = 0.03788$	0.0001548 0.0001828
114	an der oberen Grenze zw. 0.0274 ~ 0.137 Met.	4	$\frac{8}{105.6} = 0.0758$	0.0001849 0.0002413
115	" " unteren " " 0.061 ~ 0.3052 " $h = 1$ Met.	6	$\frac{12}{105.6} = 0.1136$	0.0002 0.000308
116	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9 ~ 15.9 M. " " an der Sohle " 13.5 ~ 7.5 "	10	$\frac{20}{105.6} = 0.1894$	0.0003216 0.0004615
117	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2c in den mit 1b bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{72.8 + 36.1} = 0.03673$	0.0001265 0.000149
118	an der oberen Grenze zw. 0.0274 ~ 0.137 M.	4	$\frac{8}{108.9} = 0.0735$	0.0001493 0.0001941
119	" " unteren " " 0.0554 ~ 0.277 " $h = 0.5$ Met.	6	$\frac{12}{108.9} = 0.1102$	0.000177 0.0002441
120	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9 ~ 15.9 M. " " an der Sohle " 13.5 ~ 6 "	10	$\frac{20}{108.9} = 0.18365$	0.000248 0.0003606

Post-Nr.	Bezeichnung der Querschnitts-Veränderung und der Geschwindigkeit in den Grenzprofilen. Das absolute Gefälle $h$ (Differenz in den Wassertiefen an den Grenzpunkten).	Wassermenge pro Sec. $Q$	Die Durchschnitts-Geschwindigkeit $c_k = \frac{2Q}{F_1 + F_2}$	Das relative Gefälle $i$
121	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2c in den mit 1c bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{72.8 + 38.8} = 0.03584$	0.000109 0.000128
122	an der oberen Grenze zw. 0.0274 ~ 0.137 Met.	4	$\frac{8}{111.6} = 0.0717$	0.0001272 0.0001655
123	" " unteren " " 0.0515 ~ 0.2577 " $h$ verschieden.	6	$\frac{12}{111.6} = 0.1075$	0.0001492 0.0002068
124	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9 ~ 15.9 M. " " an der Sohle " 13.5 ~ 4.5 "	10	$\frac{20}{111.6} = 0.1792$	0.0002046 0.0003
125	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2c in den mit 1d bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{72.8 + 40.6} = 0.03527$	0.0000996 0.000117
126	an der oberen Grenze zw. 0.0274 ~ 0.137 Met.	4	$\frac{8}{113.4} = 0.0705$	0.0001156 0.000137
127	" " unteren " " 0.0492 ~ 0.2463 " $h = 0.5$ Met.	6	$\frac{12}{113.4} = 0.1058$	0.000135 0.0001859
128	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9 ~ 15.9 M. " " an der Sohle " 13.5 ~ 3 "	10	$\frac{20}{113.4} = 0.1763$	0.0001823 0.000269
129	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2d in den mit 1a bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{79.3 + 32.8} = 0.03568$	0.0001676 0.0001963
130	an der oberen Grenze zw. 0.0252 ~ 0.1261 Met.	4	$\frac{8}{112.1} = 0.0714$	0.0002008 0.0002581
131	" " unteren " " 0.061 ~ 0.3052 " $h = 1.5$ Met.	6	$\frac{12}{112.1} = 0.107$	0.0002426 0.0003289
132	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9 ~ 15.9 M. " " an der Sohle " 12 ~ 7.5 "	10	$\frac{20}{112.1} = 0.1784$	0.0003541 0.0004973
133	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2d in den mit 1b bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{79.3 + 36.1} = 0.03466$	0.000137 0.0001603
134	an der oberen Grenze zw. 0.0252 ~ 0.1261 Met.	4	$\frac{8}{115.4} = 0.0693$	0.000162 0.0002074
135	" " unteren " " 0.0554 ~ 0.277 " $h = 1$ Met.	6	$\frac{12}{115.4} = 0.104$	0.0001926 0.0002619
136	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9 ~ 15.9 M. " " an der Sohle " 12 ~ 6 "	10	$\frac{20}{115.4} = 0.1733$	0.0002728 0.000387

Post Nr.	Bezeichnung der Querschnitts-Veränderung und der Geschwindigkeit in den Grenzprofilen. Das absolute Gefälle $h$ (Differenz in den Wassertiefen an den Grenzpunkten).	Wassermenge pro Sec. $Q$	Die Durchschnitts-Geschwindigkeit $c_k = \frac{2Q}{F_1 + F_2}$ .	Das relative Gefälle $i$
137	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2d in den mit 1c bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{79.3 + 38.8} = 0.0387$	0.0001178 0.0001373
138	an der oberen Grenze zw. 0.0252 ~ 0.1261 Met.	4	$\frac{8}{118.1} = 0.0677$	0.000138 0.0001773
139	" " unteren " " 0.0515 ~ 0.2577 " $h = 0.5$ Met.	6	$\frac{12}{118.1} = 0.1016$	0.0001631 0.0002216
140	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9 ~ 15.9 M. " " an der Sohle " 12 ~ 4.5 "	10	$\frac{20}{118.1} = 0.1693$	0.0002246 0.0003126
141	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2d in den mit 1d bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{79.3 + 40.6} = 0.0336$	0.0001075 0.0001254
142	an der oberen Grenze zw. 0.0252 ~ 0.1261 Met.	4	$\frac{8}{119.9} = 0.0667$	0.000125 0.0001605
143	" " unteren " " 0.0492 ~ 0.2403 " $h$ verschieden.	6	$\frac{12}{119.9} = 0.1001$	0.0001462 0.0001995
144	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24.9 ~ 15.9 M. " " an der Sohle " 12 ~ 3 "	10	$\frac{20}{119.9} = 0.1668$	0.0001998 0.0002891
145	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 1a in den mit 2 bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{32.8 + 49.3} = 0.0487$	0.000145 0.000148
146	an der oberen Grenze zw. 0.061 ~ 0.3052 Met.	4	$\frac{8}{82.1} = 0.0974$	0.000169 0.0001742
147	" " unteren " " 0.0406 ~ 0.2028 " $h = 0.5$ Met.	6	$\frac{12}{82.1} = 0.1461$	0.0001936 0.0002057
148	Die Breite am Wasserspiegel zw. 15.9 ~ 24.9 M. " " an der Sohle " 7.5 ~ 18 "	10	$\frac{20}{82.1} = 0.2436$	0.0002485 0.0002835
149	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 1b in den mit 2 bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{36.1 + 49.3} = 0.04683$	0.0001105 0.0001115
150	an der oberen Grenze zw. 0.0554 ~ 0.277 Met.	4	$\frac{8}{85.4} = 0.0937$	0.0001245 0.0001286
151	" " unteren " " 0.0406 ~ 0.2028 " $h = 1$ Met.	6	$\frac{12}{85.4} = 0.1405$	0.0001398 0.0001486
152	Die Breite am Wasserspiegel zw. 15.9 ~ 24.9 M. " " an der Sohle " 6 ~ 18 "	10	$\frac{20}{85.4} = 0.2341$	0.0001746 0.0001977

Post-Nr.	Bezeichnung der Querschnitts-Veränderung und der Geschwindigkeit in den Grenzprofilen. Das absolute Gefälle $h$ (Differenz in den Wassertiefen an den Grenzpunkten).	Wassermenge pro Sec. $Q$	Die Durchschnitts-Geschwindigkeit $ck = \frac{2Q}{F_1 + F_2}$ .	Das relative Gefälle $i$
153	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 1c in den mit 2 bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{38.8 + 49.3} = 0.0454$	0.0000986 0.00009445
154	an der oberen Grenze zw. 0.0515 ~ 0.2577 Met.	4	$\frac{8}{88.1} = 0.0908$	0.0001086 0.000107
155	" " unteren " " 0.0406 ~ 0.2028 " $h = 1.5$ Met.	6	$\frac{12}{88.1} = 0.1362$	0.0001142 0.0001217
156	Die Breite am Wasserspiegel zw. 15.9 ~ 24.9 M. " " an der Sohle " 4.5 ~ 18 "	10	$\frac{20}{88.1} = 0.227$	0.0001397 0.000168
157	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 1d in den mit 2 bezeichneten (siehe Tab. A). Geschwindigkeiten :	2	$\frac{2 \times 2}{40.6 + 49.3} = 0.0445$	0.0000855 0.0000863
158	an der oberen Grenze zw. 0.0492 ~ 0.2463 Met.	4	$\frac{8}{89.9} = 0.089$	0.00009305 0.0000962
159	" " unteren " " 0.0406 ~ 0.2028 " $h = 2$ Met.	6	$\frac{12}{80.9} = 0.1395$	0.0001018 0.0001088
160	Die Breite am Wasserspiegel zw. 15.9 ~ 24.9 M. " " an der Sohle " 3 ~ 18 "	10	$\frac{20}{89.9} = 0.2225$	0.0001221 0.0001413

### III. Dritte Treppe oder Stufenfolge.

Die Treppe kann, wie dies an der beigefügten Tafel zu sehen ist, nach zwei verschiedenen Grundrissen eingerichtet werden.

Einrichtung nach dem 1-ten Grundrisse.

Am Punkte *A* wird der Querschnitt *Nr. 1* [siehe Tabelle A)] angewendet. Dieser übergeht nach und nach bis *B* in den mit *Nr. 2* bezeichneten Querschnitt, welcher (eventuell ein breiterer Quersch.) bis *C* mit horizontaler Sohle unverändert bleibt. Von hier übergeht er bis zum Punkte *D* in den Querschnitt *Nr. 1*, welcher bis *E* unverändert bleibt.

Man kann zwischen den Punkten *D* und *E* einen breiteren Becken mit horizontaler Sohle einschalten.

Von *E* wiederholt sich die Einteilung. Diese erstreckt sich eventuell nur bis zum Punkte *C* und von hier beginnt eine neue Treppenabteilung.

### Einrichtung nach dem 2-ten Grundrisse.

Am Punkte *A* wird der Querschnitt *Nr. 2* angewendet, welcher nach und nach bei *B* in den mit *Nr. 1* bezeichneten übergeht [siehe Tab. *A*]).

Dieser bleibt unverändert bis *C*, von hier erweitert sich der Querschnitt bis *D* in die Grösse *Nr. 2*. — Dieser Querschnitt wird bis *E* behalten, wo eine andere Treppenabteilung beginnt. Diese kann eventuell nur die Länge zwischen den Punkten *A* und *C* haben.

Im Längenprofile sind die dem oben erwähnten Übergängen entsprechenden Gefällslinien der Sohle und des Wasserspiegels parallel gezeichnet, mithin die Sohle und der Wasserspiegel an den Punkten *B* und *D* gleiches Gefälle haben. Aber diese Gefällslinien können auch divergirend sein. Bei solcher Einrichtung sind die Querschnitte entsprechend zu wählen. Zum B. dem am Punkte *A* anzuwendenden Querschnitte *Nr. 2a* entsprechend wird an den Punkten *B* und *C* der Quersch. *Nr. 1*; oder dem bei *A* anzuwendenden Querschnitte *Nr. 1a* entsprechend wird bei *B* und *C* der Querschnitt *Nr. 2*; oder bei *A* der Querschnitt *Nr. 2d*, und bei *B* und *C* der Quersch. *Nr. 1a* etc. gewählt.

Sind die Gefällslinien der Sohle und des Wasserspiegels parallel, so können folgende Querschnitte angewendet werden, u. zwar bei dem Punkte *A* der Querschnitt *Nr. 2d*, bei *B* und *C* der Quersch. *Nr. 1d*; oder der Übergang kann aus dem Querschnitte *Nr. 2c* in den mit *Nr. 1c* bezeichneten geschehen etc.

Die den oben erwähnten, auch anderen Combinationen entsprechenden resultirenden relat. Gefälle sind schon in der Tabelle II mitgeteilt. Folgende Tabelle enthält daher nur die neuen Combinationen.

## Die relativen Gefälle bei dem Treppen-System Nr. III.

III. TABELLE.

Post-Nr.	Bezeichnung der Querschnitts-Veränderung und der Geschwindigkeit in den Grenzprofilen bei gleichen Sohlen- und Wasserspiegel-Gefällen.	Wassermenge pro Sec. $Q$	Die Durchschnitts-Geschwindigkeit $v_k = \frac{2Q}{F_1 + F_2}$	Das relative Gefälle $i$
161	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 1. in den mit Nr. 2. bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 \times 2}{28,6 + 49,3} = 0,05135$	0,0001864 0,0001946
162	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0,07 ~ 0,35 Met.	4	$\frac{8}{77,9} = 0,1027$	0,000234 0,000254
163	" " unteren " " 0,04056 ~ 0,2028 "	6	$\frac{12}{77,9} = 0,154$	0,0002854 0,0003162
164	Die Breite am Wasserspiegel 15,9 ~ 24,9 M. " " an der Sohle 9 ~ 18 "	10	$\frac{20}{77,9} = 0,2567$	0,0003904 0,0004872
165	Übergang aus dem Querschnitte Nr. 2. in den mit Nr. 1. bezeichneten (siehe Tab. A).	2	$\frac{2 + 2}{49,3 + 28,6} = 0,05135$	0,000142 0,0001593
166	Geschwindigkeiten : an der oberen Grenze zw. 0,0406 ~ 0,2028 Met.	4	$\frac{8}{77,9} = 0,1027$	0,0001722 0,0002109
167	" " unteren " " 0,07 ~ 0,35 "	6	$\frac{12}{77,9} = 0,154$	0,000208 0,0002693
168	Die Breite am Wasserspiegel zw. 24,9 ~ 15,9 M. " " an der Sohle " 18 ~ 9 "	10	$\frac{20}{77,9} = 0,2567$	0,0002841 0,000409

### IV. Vierte Treppe oder Stufenfolge.

Unveränderte Querschnitts-Fläche und mittlere Geschwindigkeit.

Wie aus dem auf der zuletzt beigelegten Tafel aufgezeichneten Längenprofile zu ersehen ist, wird das Sohlengefälle an einzelnen Punkten in Abstürzen (in senkrechten Sohlenstufen) concentrirt, hingegen wird das Gefälle des Wasserspiegels nach einer gewissen Neigungslinie verteilt.

Unmittelbar vor dem Sohlensturze, an den Punkten *A*, *B*, *C* und *D* ist der Querschnitt *Nr. 1* oder *Nr. 2* (siehe Tabelle A) angewendet, bei der Sohlenstufe übergeht derselbe in einen engeren, welcher aber dieselbe benässte Fläche hat. Dieser Querschnitt wird bis zu der nächsten Sohlenstufe immer breiter, bei unveränderter Flächengröße.

Wird der mit *Nr. 1* bezeichnete massgebende Querschnitt angewendet, so kann vor dem Punkte *A* oder zwischen *B* und *C* eine hinreichend lange Ausweichstelle eingeschaltet werden. Solche Ausweichstellen sind nur dann auf jeder Treppenabteilung nötig, wenn diese Abteilung sehr lang ist; sonst genügt auf jeder zweiten oder dritten Abteilung eine Ausweichstelle.

Wenn die neue Tiefe oder die mittlere Kanal-Breite gegeben ist, so können die constante benässte Fläche besitzende Querschnitte leicht construirt werden. Ist zum B. die benässte Fläche des massgebenden Querschnittes (*Nr. 1* oder *2* auf der Tab. A) *F*, die Wassertiefe *m*, die mittlere Breite *l*, so wird

$$F = m l$$

Wenn an einem anderen Punkte des Kanales bei gleicher Fläche die neue Tiefe *m'*, die mittlere Breite *l'* ist, wird

$$F = m' l'$$

und  $m' = \frac{F}{l'}$  oder  $l' = \frac{F}{m'}$  sein.

Die für oben erwähnte Einteilung massgebende relat. Gefälle sind schon in der Tabelle A) mitgeteilt. Diese Werte können bei gleichförmiger Bewegung des Wassers nach einer der Geschwindigkeits-Formel (am leichtesten mit der Darcy-Bazinschen Formel) ausgerechnet werden. Die in Tabelle A) mitgeteilten, durch uns gerechneten Werte werden jedoch von den Resultaten jener Formel meistens abweichen, weil in den bekannten und bei gleichförmiger Bewegung des Wassers allgemein angewendeten empirischen Formeln folgende Momente nicht in Betracht gezogen werden:

- a) die Wirkung des Luftdruckes auf den Wasserspiegel;
  - b) die Wirkung der Cohäsion, besonders aber die der Adhäsion des Wassers zu der Seiten- und Sohlenfläche des Kanales.
- Beide Factore sind, ausser der Reibung, bei mit geringer

Geschwindigkeit sich bewegendem Wasser, wie auch bei unseren Aufgaben, wichtig genug, dass sie nicht vernachlässigt werden sollten.

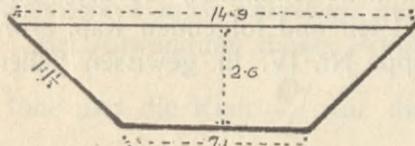
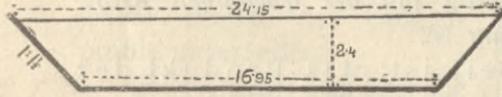
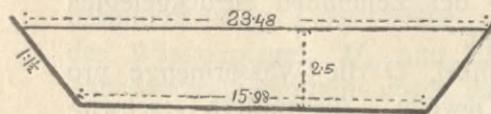
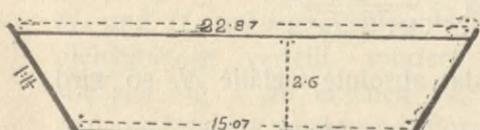
In der folgenden Tabelle haben wir einige Varianten des massgebenden Querschnittes *Nr. 1* und *2* für gewisse Combinationen, bei constanter benässen Fläche und mittleren Geschwindigkeit in Rechnung gezogen.

Bei diesen Varianten ist die Wassertiefe 2,4, 2,5, 2,6 Met. (statt 2,3 Met.); d. h. die Wassertiefe und damit das absolute Gefälle  $h$  des Wasserspiegels ändert sich mit 0,1, 0,2 und 0,3 Meter.

Die massgebenden Abmessungen und entsprechende relat Gefälle dieser modificirten Querschnitte sind in Tabelle IV. und zwar letztere mit zwei Werten angegeben: der erste für gewöhnliche, der zweite für sehr grosse Reibungen.

IV. TABELLE.

Querschnitts-Variante.	Wassertiefe $m$	Mittlere Breite $l$	Benässter Umfang $p$	Wassermenge pro Sec. $Q$	Mittlere Geschwindigkeit $c$	Das relative Gefälle pro Kilometer
<i>1. Constante Fläche nach dem Querschnitte Nr. 1: <math>F = 28,63</math> □-Met.</i>						
Nr. 1e						
<p style="text-align: center;"><math>h = 0.1</math> Met.</p>	2,4	11,94	17	2	0,07	0,00586 0,00766
	"	"	"	4	0,14	0,01411 0,02035
	"	"	"	6	0,21	0,02481 0,04105
	"	"	"	10	0,35	0,05388 0,0985
Nr. 1f						
<p style="text-align: center;"><math>h = 0.2</math> Met.</p>	2,5	11,46	16,7	2	0,07	0,00573 0,00751
	"	"	"	4	0,14	0,01384 0,02005
	"	"	"	6	0,21	0,02428 0,04027
	"	"	"	10	0,35	0,05238 0,09666

Querschnitts-Variante.	Wassertiefe $m$	Mittlere Breite $l$	Benässerter Umfang $p$	Wassermenge pro Sec. $Q$	Mittlere Geschwindigkeit $c$	Das relative Gefälle pro Kilometer
Nr. 1g  $h = 0.3$ Met.	2.6	11	16.5	2	0.07	0.00563 0.00738
	"	"	"	4	0.14	0.01362 0.0206
	"	"	"	6	0.21	0.02391 0.03662
	"	"	"	10	0.35	0.05157 0.06521
2. Constante Fläche nach dem Querschnitte Nr. 2: $F = 49.38$ □-Met.						
Nr. 2e.  $h = 0.1$ Met.	2.4	20.55	25	2	0.0406	0.002785 0.003322
	"	"	"	4	0.0811	0.006282 0.008395
	"	"	"	6	0.1217	0.01048 0.01525
	"	"	"	10	0.2028	0.02096 0.0342
Nr. 2f  $h = 0.2$ Met.	2.5	19.73	25	2	0.0406	0.002708 0.00323
	"	"	"	4	0.0811	0.006065 0.008185
	"	"	"	6	0.1217	0.01019 0.01484
	"	"	"	10	0.2028	0.02048 0.03347
Nr. 2g  $h = 0.3$ Met.	2.6	18.97	24.43	2	0.0406	0.002645 0.003153
	"	"	"	4	0.0811	0.005284 0.007995
	"	"	"	6	0.1217	0.00924 0.0144
	"	"	"	10	0.2028	0.02002 0.03240

## B e m e r k u n g.

Diese Werte beziehen sich auf die oberen Grenzpunkte der Übergänge. (Siehe auf der beigelegten Tafel Treppe Nr. IV.) Die für die unteren Grenzpunkte giltigen Werte sind in Tabelle A) angegeben.

Wie wir sehen, sind die relat. Gefälle sehr gering, daher können durch Einrichtungen mit gleichförmiger Bewegung des Wassers grosse Gefälle kaum paralisiert (entkräftet) werden, und man kann nur mit Hilfe der im 1-ten und folgenden Kap. erörterten Gefälls-Verteilung mit Treppe Nr. IV. in gewissen Fällen Erfolg erzielen.

## 4. Die Verteilung der Gefälle.

*Die Form der Neigungs- oder Gefällslinie.*

Jeder sich bewegende Körper verrichtet *eine mechanische Arbeit*. Diese Arbeit ist gleichwertig mit *der lebendigen Kraft*, welche die Ursache der Bewegung ist.

Die mechanische Arbeit ist: das Produkt der Kraft und des zurückgelegten Weges.

Die in der Zeiteinheit entwickelte mechanische Arbeit des fließenden Wassers ist das Produkt des in der Richtung der Neigungsebene wirkenden Gewichts-Componentes der secundlichen Wassermenge und des in der Zeiteinheit zurückgelegten Weges, d. h. der Geschwindigkeit.

Bedeutet:  $\alpha$  den Neigungswinkel,  $Q$  die Wassermenge pro Secunde und  $\gamma$  das specifische Gewicht,  $c$  die mittlere Geschwindigkeit, so ist die mechanische Arbeit

$$Q\gamma \cdot \sin\alpha \cdot c = Q\gamma \cdot i \cdot c$$

$$\text{Weiters ist } \sin\alpha = \frac{\text{tg}\alpha}{\sqrt{1 + \text{tg}^2\alpha}}$$

Ist ferner auf die Distanz  $L$  das absolute Gefälle  $H$ , so wird

$$\sin\alpha = \frac{H}{L \sqrt{1 + \frac{H^2}{L^2}}} = \frac{H}{\sqrt{L^2 + H^2}} \text{ sein.}$$

Wenn im Vergleiche zu  $L$ ,  $H$  sehr klein ist, wie dies bei unseren Problemen der Fall ist, kann  $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{L} = i$  genommen werden, und ferner

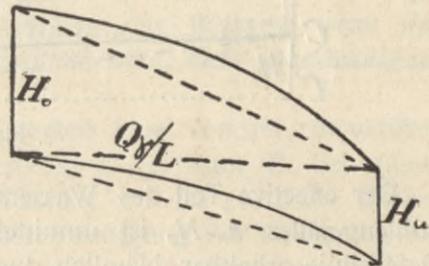
$$Q_{\gamma} i = Q_{\gamma} \frac{H}{L} \text{ sein . . . . . a.)}$$

*Das in der Mechanik festgesetzte Prinzip des Arbeits-Parallelogrammes muss unbedingt auch hier gültig sein.*

Bei Anwendung dieses Prinzipes kann der Wert  $H$  für die Höhe und die Kraft  $\frac{Q_{\gamma}}{L}$  für die Länge des Parallelogrammes angenommen werden.

Die mit a) bezeichnete Formel bedeutet das Arbeits-Parallelogramm in dem Falle, wenn das Gefälle des Wasserspiegels gleich mit dem der Sohle ist; d. h. die Wassertiefe bleibt an jedem Punkte des Längensprofils unverändert.

Unterscheidet sich aber die Gefällslinie des Wasserspiegels von der an der Kanal-Sohle, so ist  $H$  gleich dem Resultante beider Gefälle. Wenn auf eine bestimmte Länge  $L$  das Gefälle



1. Fig.

des Wasserspiegels  $H_o$ , und das der Sohle  $H_u$  ist, kann das Arbeits-Parallelogramm durch das Auftragen der Werte der gegebenen Gefälle auf die Endpunkte einer  $\frac{Q_{\gamma}}{L}$  langen Linie konstruiert werden. (Siehe 1-te Figur.)

Die Verbindungslinien der Endpunkte der gegebenen Gefälle  $H_o$  und  $H_u$  müssen nicht unbedingt gerade, d. h. das Gefälle gleichmässig verteilt, sondern können die Verbindungslinien, wie aus Fig. 1 zu ersehen ist, im Allgemeinen auch krumme sein, und darum wird in der Formel des Arbeits-Parallelogrammes nur ein gewisser Quotient der Höhen in Rechnung gezogen.

Bezeichnen wir diesen Quotient des Wasserspiegelgefälles mit

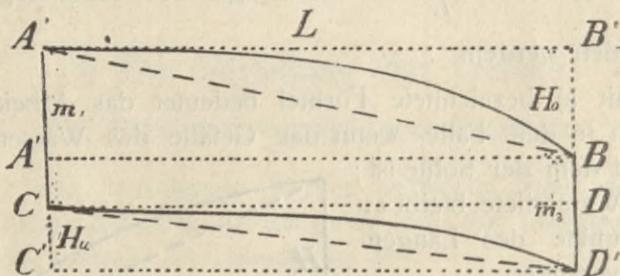
$k_o$ , den des Sohlengefälles mit  $k_u$ , so ist die Formel des mechanischen Arbeits-Parallelogrammes im Allgemeinen:

$$\frac{Q_Y}{L} (k_o H_o + k_u \cdot H_u); \text{ und}$$

$$Q_Y \frac{H}{L} = Q_Y \frac{k_o \cdot H_o + k_u \cdot H_u}{L}$$

das resultirende relat. Gefälle  $\frac{H}{L} = i$ :

$$i = \frac{k_o \cdot H_o + k_u \cdot H_u}{L} \dots \dots \dots A)$$



2. Fig.

Der effective Teil des Wasserspiegelgefälles  $k_o H_o$  und des Sohlengefälles  $k_u H_u$  ist unmittelbar aus der Neigungs- oder Gefällslinie erhaltbar. Nämlich durch Zusammensetzung der Dreiecke  $AB'B$  und  $CC'D'$  (siehe Fig. 2.) entsteht ein  $L$  langes Parallelogramm.

Die Werte für  $k_o$  und  $k_u$ , können nach der Form der Gefällslinien ( $AB$  und  $CD'$ ), verschieden sein. Ist zum B. zwischen  $A, B$  und  $C, D'$  die Gefällslinie eine gerade, und daher  $k_o = k_u = = k = \frac{1}{2}$ , so wird in diesem Falle aus der mit A) bezeichneten Formel:

$$i = \frac{H_o + H_u}{2L}$$

Bleibt die Wassertiefe constant (in der 2. Fig.  $m_1 = m_2$ ), d. h. sind die Gefällslinien des Wasserspiegels und der Sohle parallel, daher  $H_o = H_u = H$ , so wird das relat. Gefälle

$$i = \frac{2H}{2L} = \frac{H}{L} \text{ sein.}$$

Aus dem hier erörterten Prinzipie folgt weiters, dass die Werte der Quotienten  $k_o$  und  $k_u$  bei convexer Neigung zwischen  $1/2 \sim 0$  variiren. Je grösser die Convexität der Neigungslinie ist, desto kleiner werden die Flächen der Dreiecke  $AB'B$  und  $CD'D$  und ist daher desto veränderlicher die Proportion in der Verteilung des Gefälles.

*Aus obigen ist zu ersehen, dass ein gewisses Gefälle, ohne Modificirung des resultirenden relat. Gefälles und der durchschnittlichen Geschwindigkeit des Wassers, mit convexer Gefällslinie auf kürzere Distanz verteilt werden kann als mit einer geraden.*

*Grosse Steigungen resp. Gefälle können daher am zweckmässigsten, ausser der Wirkung der inneren Kräfte, mit convexen Gefällslinien paralisirt werden.*

Je kleiner zum B.  $k_u$  ist, desto mehr biegt sich die Neigungslinie der Sohle aufwärts. Bei  $k_u = 0$ , oder bei einem annähernden Werte geht das Sohlengefälle in einen senkrechten Sturz über, *welcher jedoch auf die Bewegung des Wassers, wenn das Niveau desselben hoch genug gehalten wird, nicht beschleunigend wirkt.*

Ist die Gefällslinie im Gegenteil eine concave, so variiren die Werte  $k_o$  und  $k_u$  zwischen  $1/2 - 1$ . So zum B. bei einem vollkommenen Überfall des Wassers, wo das plötzliche Sinken des Wasserspiegels und die Beschleunigung der Bewegung ungehindert erfolgen kann, wird  $k_u = 1$  und  $k_o$  einen annähernden Wert erhalten.

Nachdem die concave Gefällslinie in Folge ihrer Eigenschaft für unsere Zwecke nicht verwendbar ist, so werden wir uns hier mit derselben weiter nicht befassen.

Die erörterten Eigenschaften stehen mit der Elasticität des Wassers, welches, wie es die Physik lehrt, der elastischste Körper ist, in Zusammenhange. Die Quotienten  $k_o$  und  $k_u$  können daher als der Ausdruck der Elasticität des fliessenden Wassers betrachtet und im Allgemeinen *die Krümmungscoefficienten der Gefällslinie* oder *Verhältnisszahlen der Gefällsvertheilung* genannt werden.

Ist einer dieser Coefficienten gleich Null, d. h. die eine Gefällslinie horizontal, so wird die rechte Seite der Formel A) nur aus einem Gliede bestehen. Ist zum B.  $k_u = 0$ , so wird

$$i = \frac{k_o H_o}{L} \text{ sein.}$$

Ist die Gefällslinie des Wasserspiegels und der Kanalsohle identisch und so  $k_o = k_u = k$ , wird das relat. Gefälle

$$i = \frac{k(H_o + H_u)}{L} \text{ sein.}$$

Ist ferner  $H_o = H_u = H$ , das h. sind die krummen Gefällslinien parallel, so wird

$$i = \frac{2k \cdot H}{L}$$

Bezeichnen wir in der Gleichung A)  $\frac{H_o}{L}$  mit  $i_o$  und  $\frac{H_u}{L}$  mit  $i_u$  (das relative Gefälle der geraden Gefällslinien an dem Wasserspiegel und an der Sohle), so erhalten wir folgende Formel

$$i = k_o i_o + k_u i_u \dots \dots \dots B)$$

Zur Orientirung in der Anwendung der in Tabellen mitgetheilten resultirenden relat. Gefälle mögen folgende Beispiele dienen.

### 1-tes Beispiel.

In dem Treppen-System Nr. I. (siehe beigelegte Tafel) möge der Übergang aus dem Querschnitte Nr. 1a in den mit Nr. 1 bezeichneten erfolgen. Die Differenz in den Wassertiefen der zwei Querschnitte ist 0<sup>5</sup> Met. — Ist das Sohlen-Gefälle  $H_u$  (oder  $h_u$ ) = 0, so wird das Wasserspiegelgefälle  $H_o$  (oder  $h_o$ ) = 0<sup>5</sup> Met. (die eben erwähnte Differenz) sein.

Auf den gegebenen Übergang beziehen sich die in Tabelle I unter Post-Nr. 17—20 enthaltenen Werte. Ist zum B. die Wassermenge pro Sec.  $Q = 2$  Kub. Met., so ist das entsprechende relat. Gefälle nach Post-Nr. 17:

für Kanäle mit gewöhnlicher Rauheit  $i = 0\cdot0000861$ ,

" " " sehr grosser " =  $0\cdot0000882$

Nachdem die Kanalsohle horizontal ist, so wird aus Gleichung A)

$$i = \frac{k_o H_o}{L}$$

Ist z. B. die Gefällslinie eine gerade, das h.  $k_o = 1/2$ , so wird die Länge  $L$ , auf welche das gegebene 0<sup>5</sup> Met. Gefälle sich verteilen wird,

$$L = \frac{k_o H_o}{i} = \frac{0.5}{2 \times 0.0000861} = 2903 \text{ Met.}$$

$$\text{oder} \quad = \frac{0.5}{2 \times 0.0000882} = 2834 \quad \text{„} \quad \text{sein.}$$

Ist aber die Gefällsline convex, so wird, je stärker diese Linie sich aufwärts biegt, das h. je kleiner der Krümmungscoefficient ist, die Distanz  $L$  um so kleiner sein. Wenn z. B. die Gefällsline eine Parabel 2-ten Grades ist, so wird  $k_o = \frac{1}{3}$  und

$$L = \frac{0.5}{3 \times 0.0000861} = 1936 \text{ Met.}$$

$$\text{oder} \quad = \frac{0.5}{3 \times 0.0000882} = 1890 \quad \text{„}$$

Ist die Wassermenge  $Q = 10$  K. Met., so ist das entsprechende resultierende relat. Gefälle nach Tabelle I Post-Nr. 20:  $i = 0.000144$  oder  $i = 0.0001933$ .

Bei gerader Gefällsline wird die Verteilungs-Distanz des absoluten Gefälles 0.5 Met.:

$$L = \frac{0.5}{2 \times 0.000144} = 1736 \text{ Met.}$$

$$\text{oder} \quad = \frac{0.5}{2 \times 0.0001933} = 1293 \quad \text{„} \quad \text{sein.}$$

Auf eine bestimmte Verteilungs-Distanz, z. B.  $L = 500$  Met., kann der Krümmungscoefficient der Gefällsline nach obiger Formel berechnet werden:

$$k_o = \frac{L i}{H_o} = \frac{500 \times 0.000144}{0.5} = 0.145$$

$$\text{oder} \quad \text{„} \quad = \frac{500 \times 0.0001933}{0.5} = 0.1933$$

## 2-tes Beispiel.

In dem Treppen-Systeme Nr. I möge der Übergang aus dem Querschnitte *Nr. 2d* in den mit *Nr. 2* bezeichneten erfolgen (siehe Tab. A), die Kanal-Sohle zwischen den zwei Grenzpunkten sei horizontal. Das Wasserspiegelgefälle wird daher gleich der Differenz der Wassertiefen:  $H_o = 2$  Met. sein. Die resultierende Werte für  $i$  sind in Tabelle II unter Post-Nr. 61—64. zu finden.

Ist zum B. die Wassermenge  $Q = 2$  K. Met., so ist das entsprechende resultierende relat. Gefälle  $i = 0.0001081$  oder  $i = 0.000159$ . Bei stark convexer Gefällslinie mit  $k_o = 0.05$  wird

$$L = \frac{k_o H_o}{i} = \frac{0.05 \times 2}{0.0001081} = 925 \text{ Met.}$$

$$\text{oder " " } = \frac{0.05 \times 2}{0.000159} = 863 \text{ " sein.}$$

Ist die Wassermenge  $Q = 10$  K. Met., so ist das entsprechende resultierende relat. Gefälle nach Tabelle I Post-Nr. 64 :  $i = 0.0001725$  oder  $i = 0.0002186$ .

Für obige Werte und bei  $L = 900$  und  $860$  Met. den Krümmungscoefficienten berechnend erhalten wir :

$$k_o = \frac{L i}{H_o} = \frac{920 \times 0.0001725}{2} = 0.0793$$

$$\text{oder " " } = \frac{860 \times 0.0002186}{2} = 0.094$$

### 3-tes Beispiel.

In dem Treppen-System Nr. II möge der Übergang aus dem Querschnitte *Nr. 2c* in den mit *Nr. 1a* (siehe Tab. A) bezeichneten erfolgen. Die Differenz der Wassertiefen ist 1 Met. — Die Kanalsole hat ein  $h_u = 0.5$  Met. grosses Gefälle, das Wasserspiegel-Gefälle ist daher :  $h_o = 1 + 0.5 = 1.5$  Met.

Die resultierenden relat. Gefälle sind in der Tabelle II unter Post-Nr. 113—116 zu finden.

Ist zum B. die Wassermenge  $Q = 4$  K. Met., so ist das entsprechende resultierende relat. Gefälle nach Post-Nr. 114 :  $i = 0.0001849$  oder  $i = 0.0002413$

Ist der Krümmungscoefficient  $k_o = k_u = k = 0.1$ , so ist

$$L = \frac{k (H_o + H_u)}{i} = \frac{0.1 (1.5 + 0.5)}{0.0001849} = 1081 \text{ Met.}$$

$$\text{oder " " } = \frac{0.1 (1.5 + 0.5)}{0.0002413} = 828 \text{ "}$$

Ist die Krümmung (Convexität) der Wasserspiegel- und Sohlenlinie verschieden und zwar  $k_o = 0.1$ ,  $k_u = 0.07$ , so erhalten wir für die Entfernung :

$$L = \frac{k_o H_o + k_u H_u}{i} = \frac{0.1 \times 1.5 + 0.07 \times 0.5}{0.0001849} = 1000 \text{ Met.}$$

$$\text{oder „} \quad = \frac{0.1 \times 1.5 + 0.07 \times 0.5}{0.0002413} = 766 \text{ „}$$

#### 4tes Beispiel.

In dem Treppen-Systeme Nr. II (siehe zuletzt beigefügte Tafel) möge der Übergang aus dem Querschnitte *Nr. 2a* in den mit *Nr. 1b* bezeichneten erfolgen; die Wassertiefe des letzteren ist mit 0.5 Met. grösser als des ersteren.

Ist das Wasserspiegel-Gefälle gleich Null, so wird das Sohlen-Gefälle  $h_u = 0.5$  Met. sein.

Es sei die Wassermenge  $Q = 2$  K. Met., so sind die entsprechenden Werte des resultirenden relat. Gefälles nach Tab. II Post-Nr. 85  $1 = 0.000102$  oder  $i = 0.0001138$ .

Die Distanz  $L$  zwischen den zwei Grenzpunkten sei = 1000 Met.

Nachdem in der Formel A)  $k_o H_o = 0$  ist, so erhalten wir für den Krümmungscoefficienten des Sohlengefälles

$$k_u = \frac{Li}{h_u} = \frac{1000 \times 0.000102}{0.5} = 0.204$$

$$\text{oder „} \quad = \frac{1000 \times 0.0001138}{0.5} = 0.228$$

Hat der Wasserspiegel auch ein Gefälle, zum B. ist  $h_o = 0.5$  Met., so wird das Sohlengefälle  $h_u = 0.5 + 0.5 = 1$  Met. — Ist weiters  $k_u = 0.05$ ,  $L = 1000$  Met., so wird der Krümmungscoefficient der Wasserspiegel-Linie nach der Formel A):

$$k_o = \frac{L \cdot i - k_u \cdot h_u}{h_o} = \frac{1000 \times 0.000102 - 0.05 \times 1}{0.5} = 0.104$$

$$\text{„} \quad = \frac{1000 \times 0.0001138 - 0.05 \times 1}{0.5} = 0.128 \text{ sein.}$$

Bei einer Wassermenge  $Q = 6$  Kub. Met. ist nach Tab. II, Post-Nr. 87:

$$k_o = \frac{1000 \times 0.0001406 - 0.05 \times 1}{0.5} = 0.181$$

$$\text{oder „} \quad = \frac{1000 \times 0.0001796 - 0.05}{0.5} = 0.259 \text{ sein.}$$

## 5-tes Beispiel.

Es sei ein Treppen-System Nr. III mit einem Übergange aus dem Querschnitte *Nr. 2* in den mit *Nr. 1* bezeichneten gegeben (siehe Tab. A). Das absolute Gefälle  $h_o = h_u = h = 2$  Met., die Wassermenge  $Q = 2$  Kub. Met.

Das entsprechende relat. Gefälle ist nach Tab. III Post-Nr. 165,  $i = 0.000142$  oder  $i = 0.0001593$ .

Ist der Coëff.  $k_o = k_u = k = 0.3$  (d. h. die Gefällslinie ist annähernd eine Parabel 2-ten Grades), so wird die Distanz  $L$ , auf welche das abs. Gefälle sich verteilt, nach der Formel A):

$$L = \frac{2k \cdot h}{i} = \frac{2 \times 0.3 \times 2}{0.000142} = 8450 \text{ Met.}$$

$$\text{oder " } = \frac{2 \times 0.3 \times 2}{0.0001593} = 7533 \text{ " sein.}$$

Hat die Gefällslinie eine stärkere Convexität und ist  $k = 0.1$ , so wird

$$L = \frac{2 \times 0.1 \times 2}{0.000142} = 2817 \text{ Met.}$$

$$\text{oder " } = \frac{2 \times 0.1 \times 2}{0.0001593} = 2511 \text{ "}$$

Ist die Wassermenge  $Q = 6$  K. Met., so ist das entsprechende relat. Gefälle nach Tab. III Post-Nr. 167  $i = 0.000208$  oder  $i = 0.0002693$ ; und

$$L = \frac{2 \times 0.1 \times 2}{0.000208} = 1923 \text{ Met.}$$

$$\text{oder " } = \frac{2 \times 0.1 \times 2}{0.0002693} = 1485 \text{ "}$$

## 6-tes Beispiel.

Es sei ein Treppen-System Nr. IV mit einem Übergange aus dem Querschnitte *Nr. 1g* (siehe Tab. IV) in den mit *Nr. 1* (Tab. A) bezeichneten gegeben. Die Wassertiefe des letzteren ist mit  $0.3$  Met. kleiner als des ersteren; bei horizontaler Sohle ist das abs. Gefälle des Wasserspiegels daher  $h_o = 0.3$  Met. — Ferner sei die Distanz auf welche dieses Gefälle verteilt werden soll  $L = 2000$  Met., und die secundliche Wassermenge  $Q = 4$  K. Met.

Laut Tab. A) ist das, dem auf der unteren Grenze befindlichen

Querschnitte *Nr. 1* entsprechende relat. Gefälle  $I = 0.00001441$  oder  $0.00002175$ , und so der Krümmungscoefficient der Wasserspiegel-Linie.

$$k_o = \frac{Li}{h_o} = \frac{2090 \times 0.00001441}{0.3} = 0.096$$

$$\text{oder } " = " = \frac{2000 \times 0.00002175}{0.3} = 0.145$$

Ist ein Übergang aus dem Querschnitte *Nr. 2g* (IV. Tabelle) in den mit *Nr. 2* (Tabelle A) bezeichneten gegeben und das entsprechende relat. Gefälle  $I = 0.00000651$  oder  $I = 0.00000872$ , so wird der Krümmungscoëff.

$$k_o = \frac{Li}{h_o} = \frac{2000 \times 0.00000651}{0.3} = 0.0434$$

$$\text{oder } " = " = \frac{2000 \times 0.00000872}{0.3} = 0.0581 \quad \text{sein.}$$

Wie aus diesem Beispiele zu ersehen ist, können mit den angewandten Normalien, bei gleichförmiger Bewegung des Wassers, selbst kleinere Gefälle nur bei sehr grosser Convexität der Gefällslinie neutralisirt werden. Die Anwendung einer solchen Gefällslinie bedingt aber specielle Übergänge bei der Änderung der Querschnittsbreiten.

#### Bemerkung.

Es kann die Frage aufgeworfen werden, ob nicht das resultierende relat. Gefälle auf den Schwerpunkt des Querschnittes zu beziehen wäre?

Diese Frage untersuchend, fanden wir, dass bei regelmässigen Querschnitten die oben erörterte Anwendung des Arbeits-Parallelogramm-Prinzipes auf die mittlere Geschwindigkeit die richtige ist, und bildet schon selbst diese Anwendung des Prinzipes den vollgültigen Beweis. Dies kann aber auch anderer Weise bewiesen werden. Uns mit der rein theoretischen Prüfung der Sache nicht begnügend, haben wir mit Anwendung der Darcy-Bazinschen Experimente, deren diesbezügliche Resultate bisher die genauesten sind, auch Versuche angestellt. Dieselbe ergaben bei Anwendung des Gefälles der Schwerpunktslinie, bezüglich der mittleren Geschwindigkeit, falsche Resultate; hingegen führten dieselben,

auf oben erörterter Weise angewendet, zu vollkommen befriedigende Resultate. Bloss bei unregelmässigen Querschnitten und auch da nur in dem Falle, wenn das Gefälle nicht nur in der Tiefe, sondern auch in der Breite des Querschnittes verschieden ist, bedarf die oben erörterte Anwendung eine kleine Correction.

Das Gefälle der Schwerpunktslinie bezieht sich nur auf die in derselben zur Geltung kommenden Geschwindigkeit, welche jedoch für unsere Zwecke ohne praktischer Bedeutung ist.

## 5. Die Construirung der Gefällslinie und der Querschnitts-Veränderung.

Damit die in obigen Tabellen mitgetheilten Normalien zur Geltung gelangen können, *ist es unbedingt notwendig, dass die erforderliche Gefällslinie oder Gefällsverteilung am Wasserspiegel zu Stande komme.*

Dies kann einerseits durch die gehörige Herstellung der Kanalsole, andererseits durch die entsprechende Linienführung der Querschnitts-Veränderung gesichert werden.

Erfolgt zum B. dem Übergange aus einem engeren Querschnitte in einen breiteren die Verbreiterung plötzlich, oder in zu grossem Masse und nicht auf dem gehörigen Platze, so entsteht dadurch im Wasser ein Absturz, welcher das aufwärts Gelangen der Schiffe, ohne Schleusen, sehr erschweren, eventuell unmöglich machen würde.

Die Linienführung des Sohlengefälles und der Querschnitts-Veränderung kann zwischen zwei gegebenen Grenzen die verschiedensten Formen erhalten. Behufs unserer Aufgaben werden wir jedoch nur zwei Linienführung in Betracht ziehen.

Die eine ist, sowohl bei der Gefällslinie oder Gefällsverteilung wie bei der Querschnitts-Veränderung, die gerade Linie. Mit derselben sich näher zu befassen ist überflüssig.

Die andere ist eine solche Krümmung, bei welcher die Convexität des Wasserspiegels einen die Schifffahrt hindernden Grad nicht erreicht.

Betreffs der Construirung dieser Linie möge folgendes zur Orientirung dienen.

Es soll die einem gewissen Krümmungscoëfficienten  $k$  ent-

sprechende Neigungslinie (siehe in der Figur 3. *aub*) konstruiert werden.

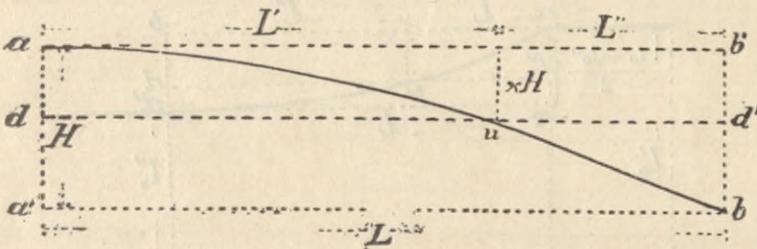
Statt des dem absoluten Gefälle  $aa' = bb' = H$  entsprechenden Parallelogrammes wird  $kH$  hohes, und mit dem Dreiecke  $aubb'$  gleich grosse Fläche besitzendes Parallelogramm  $ab'd'd$  zur Geltung kommen.

Die Neigungs-Linie  $ab$  durchschneidet die Seite  $dd'$  des gültigen Parallelogrammes im Punkte  $u$ , welchen wir *den Teilungspunkt* nennen werden.

Um das Mass der Krümmung dieser Neigungs- oder Gefällslinie zu kennen, müssen wir diesen Punkt näher bestimmen.

Es sei:  $L'$  die Entfernung des Punktes  $u$  von  $d$ ,  $L''$  diese zwischen den Punkten  $u$  und  $d'$ ; ferner  $L' + L'' = L$ .

Aus der Gleichheit der Flächen  $aubb'$  und  $ab'd'd$  folgt:  
Fl.  $adu = \text{Fl. } ubd'$ .



3. Fig.

Als annähernde Werte dieser Flächen können genommen werden

für sehr convexe Linie  $\frac{2}{3} L' k H = \frac{1}{3} L'' (H - k H)$

„ minder „ „ „ „ =  $\frac{1}{2}$  „

oder  $2 k L' = (1 - k) L''$   
 $4 k L' = 3 (1 - k) L'' \dots \dots \dots y)$

Den Wert  $L'' = L - L'$  substituierend, wird

$2 k L' = (1 - k) (L - L')$

und so  $L' = \frac{(1 - k) L}{1 + k}$   
und  $k = \frac{L - L'}{L + L'} = \frac{L''}{2L - L''}$  } sein  $\dots \dots \dots C)$

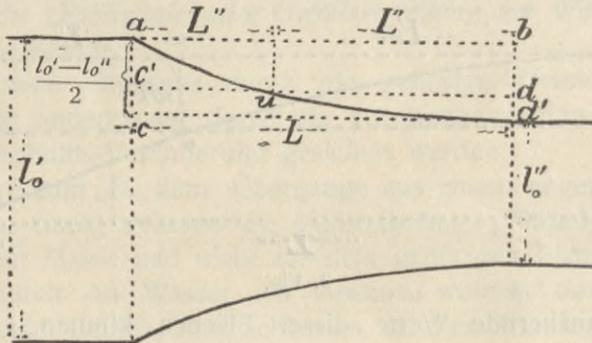
Oder für minder convexe Linie :

$$4 k L' = 3 (1 - k) (L - L')$$

$$\text{und } \left. \begin{aligned} L' &= \frac{3(1-k)L}{3+k} \\ k &= \frac{3(L-L')}{3L+L'} = \frac{3L''}{4L-L''} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots C.)$$

Der Grenzwert der gegen die Kanalaxe zu sich krümmenden Übergangslinie der Querschnitts-Veränderung kann ähnlicher Weise construirt werden.

Ist die Breite des weiteren Querschnittes (siehe Figur 4.)  $l_o'$ , die des engeren Querschnittes  $l_o''$ , so folgt aus dem  $\frac{k(l_o' - l_o'')}{2}$  breiten Parallelogramme die Flächengleichheit:



4. Fig.

$$\text{Fl. } ac'u = \text{Fl. } u d'd$$

Auch hier die annähernden Werte der Flächen substituierend

$$\frac{1}{3} L'' \left( \frac{l_o' - l_o''}{2} - k \frac{l_o' - l_o''}{2} \right) = \frac{2}{3} L' k \left( \frac{l_o' - l_o''}{2} \right)$$

$$\text{oder } (1 - k) L'' = 2 k L'$$

So erhielten wir wieder die Gleichung y) und bleibt daher die Formel C) und C') auch für die Linie der Querschnitts-Veränderung (resp. der Breitenveränderung) gültig.

Die Übergangslinie der Querschnitts-Veränderung muss daher in allen solchen Fällen, wo eine gewisse Convexität der Wasser-

spiegel-Gefällslinie zu sichern, eigentlich eine Absturz-Bildung des Wassers zu vermeiden wäre, nach obiger Formel bestimmt werden. Gelangt aber vom Teilungspunkte  $u$  (siehe 3-te Fig.) abwärts ein bedeutendes Gefälle zur Verteilung, so kann die Länge  $L''$  nur dann kleiner genommen werden als das Anderthalbfache der Schiffslänge, wenn eine mechanische Zugeinrichtung vorhanden ist; weil sonst, trotz der geringen Geschwindigkeit des Wassers, die ungleiche Eintauchung des vorderen und hinteren Teiles des Schiffes das Fortkommen nach aufwärts sehr erschweren würde.

# Anwendung.

In folgenden wollen wir die Anwendung der oben erörterten Prinzipien mit einigen Beispielen, welche nach der in der Natur vorhandenem Verhältnissen gewählt wurden, beleuchten.

## I.

*Schiffahrts-Kanal im Thale des March-Flusses von Dévény-Ujfalu bis Göding.*

Von Dévény bis Dévény-Ujfalu kann der March-Fluss mit geringer Correction als Schiffahrts-Strasse benützt werden.

Die Länge des Schiffahrts-Kanales, von Dévény-Ujfalu ausgehend, und in einer allen Anforderungen entsprechend geführten Trace, würde betragen:  $L_x = 71$  Kilom.

Die Höhe des kleinsten Wasserstandes im March-Flusse ist: bei der unteren Abzweigung des Kanales 137<sup>24</sup> Met., am oberen Anschlusse desselben 159<sup>0</sup> Met. o. d. Adria.

Die ganze Steigung daher:

$$Hx = 159.00 - 137.24 = 21.76 \text{ Met.}$$

Bei gleichförmiger Verteilung würde das relat. Gefälle pro Kilom.

$$\frac{Hx}{Lx} = \frac{21.76}{71} = 0.30225 \text{ Met. sein.}$$

Mit Rücksicht auf die zweckmässigste Linienführung, ferner um sowohl die Erd-, als auch anderen Arbeiten wo möglich auf ein Minimum zu reduciren, könnte die Steigung folgender Weise verteilt werden:

Section	Entfernung in Kilom.		Steigung oder Gefälle in Met.		
	einzel $L_x$	zusammen	einzel $H_x$	zusammen	pro Kilom.
1.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.58
	22.0	22.0	12.76	12.76	
2.	23.5	45.5	6.5	19.26	0.3765
	25.5	71.0	2.5	21.76	
3.					0.098

### 1. Section.

Die Länge dieser Section ist laut der Tabelle:  $L_x = 22$  Kilom., das absolute Gefälle  $H_x = 12.76$  Met.

#### Erste Lösung.

Die Treppen-Abteilungen und entsprechende Gefällsverteilung könnten folgende sein:

24, einzeln  $L = 870$  Met. lange Abteilungen mit dem Gefälle  $h = 0.5$  Met.,

1 Abteilung  $L = 22 - 0.87 \times 25 = 1.12$  Kilom. lang mit  $h = 0.76$  Met. Gefälle.

Die verfügbare Wassermenge bei Niederwasser könnte höchstens mit 4 Kub. Met. angenommen werden; es ist aber wahrscheinlich, dass eventuell nur 2 Kub. Met. zur Verfügung stehen.

Nach Treppen-Systeme Nr. I (siehe beigefügte Tafel) kann die Einteilung folgender Weise geschehen.

Zwischen den Punkten  $A$  und  $B$  sei: die Entfernung  $L_1 = 50$  Met., der Kanal-Querschnitt der mit *Nr. 1* bezeichnete (siehe Tab. A). Bei  $Q = 2$  K. M. Wassermenge ist die entsprechende mittlere Geschwindigkeit  $c = 0.07$  Met. — Das Gefälle ist so gering, dass wir es vernachlässigen können.

An dem Punkte  $B$  erfolgt ein Übergang aus dem Querschnitte *1* in den mit *Nr. 1a* bezeichneten (siehe Tab. A). Das Wasserspiegelgefälle ist Null, das der Sohle der Differenz der Wassertiefen entsprechend. Dasselbe wird in einem  $h = 0.5$  Met. hohen Absturze concentrirt. Nach diesem Absturze ist die mittlere Geschwindigkeit des Wassers  $0.061$  Met. (siehe Tab. A).

Zwischen den Punkten  $B$  und  $C$  ist die Länge  $L_2 = 150$  Met. (das Gefälle ist  $150 \times 0.00000445 = 0.00067$  M., wie wir sehen, ganz unbedeutend).

Zwischen den Punkten  $C$  und  $D$  ist die Länge  $L_3 = 870 - (50 + 150) = 670$  Met. — Hier erfolgt ein Übergang aus dem Querschnitte *Nr. 1a* in den mit *Nr. 1* bezeichneten; die Geschwindigkeit  $0.061$  Met. übergeht in  $0.07$  Met., der Durchschnitt ist  $0.0651$  Met. — Das entsprechende resultirende relat. Gefälle ist laut Tabelle I Post-Nr. 17.  $i_3 = 0.0000861$ . — Das abs. Gefälle des Wasserspiegels ist  $h_3 = 0.5$  Met., das der Sohle: Null.

Unbekannt ist also die Form der Gefällslinie des Wasserspiegels.

Nach Gleichung A) — siehe 4-tes Kap. — ist

$$i_3 = \frac{k_3 \cdot h_3}{L_3}$$

$$\text{und } k_3 = \frac{L_3 \cdot i_3}{h_3} = \frac{670 \times 0.0000861}{0.5} = 0.115$$

Dieser Wert des Krümmungscoefficienten ist bedeutend kleiner als der einer geraden Linie entsprechende und würde die Gefällslinie eine starke Convexität erhalten.

Die Entfernung des Teilungspunktes  $u$  (siehe 3. Fig.) von dem oberen Grenzpunkte  $C$  ist nach Formel C.) (siehe 5-tes Kap.):

$$L_3' = \frac{(1-k_3)L_3}{1+k_3} = \frac{(1-0.115)670}{1.115} = 532 \text{ Met.}$$

Die Entfernung von dem unteren Grenzpunkte  $D$

$$L_3'' = L_3 - L_3' = 670 - 532 = 138 \text{ Met.}$$

Der grösste Teil des Gefälles müsste daher auf diese Länge verteilt werden; um die Verteilung günstiger zu gestalten, kann der Übergang der Breiten-Veränderung in einer geraden oder in einer mässig gekrümmten Linie geführt werden. Dadurch wird der Wasserspiegel wohl etwas sinken, voraussichtlich jedoch *in Folge der an den zwei Grenzen C und D herrschenden Tiefen und mittleren Geschwindigkeit nicht mehr als dies dem Querschnitte Nr. 1 entspricht.*

Mit der 1120 Met. langen und 0.76 Met. Gefälle besitzenden Treppenabteilung befassen wir uns später.

Würden wir bei Lösung der Aufgabe die Querschnitte *Nr. 2* und *2a* wählen, so wäre die Form der Gefällslinie noch ungünstiger.

#### Zweite Lösung.

Die Treppenabteilungen mögen folgende sein: 12 Abteilungen, mit einzeln 1710 Met. Länge, und 1 Met. Gefälle; 1 Abteilung mit  $22000 - 12 \times 1710 = 1580$  Met. Länge und 0.76 Met. Gefälle.

Die Einrichtung der einzelnen Treppenabteilungen sei nach Treppensystem *Nr. 1*:

Zwischen den Punkten  $A$  und  $B$  sei, wie oben, die Länge  $L_1 = 50$  Met. — An dem Punkte  $B$  erfolgt ein Übergang aus dem Querschnitte *Nr. 1* in dem mit *Nr. 1b* bezeichneten, mit einem

$h_1 = 1$  Met. hohen Sohlenabsturze. (Die Geschwindigkeit nach denselben ist  $c = 0.0554$  Met.).

Zwischen  $B$  und  $C$  sei die Länge  $L_2 = 260$  Met. (das Gefälle ist nahezu Null).

Zwischen den Punkten  $C$  und  $D$  ist die Länge  $L_3 = 1710 - (50 + 260) = 1400$  Met. Hier erfolgt ein Übergang aus dem Querschnitte *Nr. 1b* in den mit *Nr. 1* bezeichneten, daher das Wasserspiegel-Gefälle  $h_3 = 1$  Met., das Sohlengefälle ist Null. Das entsprechende resultierende relat. Gefälle bei  $Q = 2$  K. Met. Wassermenge ist laut Tabelle I Post-Nr. 21.  $i_3 = 0.0001$ .

Der Krümmungscoefficient des Wasserspiegels ist

$$k_3 = \frac{L_3 \cdot i_3}{h_3} = \frac{1400 \times 0.0001}{1} = 0.14$$

Die Entfernung des Teilungspunktes  $u$  (siehe 3. Fig.) von der oberen Grenze ist

$$L_3' = \frac{(1-k)L_3}{1+k} = \frac{(1-0.14)1400}{1.14} = 1056 \text{ Met.}$$

und von der unteren Grenze

$$L_3'' = L_3 - L_3' = 1400 - 1056 = 344 \text{ Met.}$$

In diesem Falle ist die Krümmungsform schon günstiger als wie bei der ersten Lösung.

Die Ausweichstationen können auf jeder 2-ten oder 3-ten Abteilung zwischen den Punkten  $B$  und  $C$  eingerichtet werden.

### Dritte Lösung.

Die Einteilung der Section möge dieselbe bleiben wie bei der 2-ten Lösung, jedoch nach Treppensystem *Nr. II* (siehe beigefügtes Blatt) am Punkte  $A$  ist ein Übergang aus dem Querschnitte *Nr. 2* in den mit *Nr. 2b* und zwischen den Punkten  $A$  und  $B$  ein Übergang aus diesem Querschnitte in den mit *Nr. 1* bezeichneten.

Das entsprechende resultierende relat. Gefälle ist laut Tabelle II Post-Nr. 69  $i_2 = 0.0001868$ .

Es sei zwischen den Punkten  $A'$  und  $A$  die Länge  $L_1 = 50$  Met., zwischen  $A$  und  $B$   $L_2 = 1400$  Met., und zwischen  $B$  und  $D$   $L_3 = 260$  Met.

Auf die Länge  $L_2$  wird der Krümmungscoëff. der Gefällslinie am Wasserspiegel

$$k_2 = \frac{L_2 \cdot i_2}{h_2} = \frac{1400 \times 0.0001868}{1} = 0.2615 \text{ sein.}$$

Die Entfernung des Teilungspunktes  $u$  (siehe 3. Fig.) ist nach Formel C)

$$L_2' = \frac{(1-0.261) 1400}{1.261} = 820 \text{ Met.}$$

und  $L_2'' = 1400 - 820 = 580 \text{ Met.}$

Also die Übergangslinie der Querschnitts-Veränderung kann die in Fig. 4 bezeichnete krumme Linie sein; es ist aber auch bei einer geraden Übergangslinie überall die kleinste Wassertiefe 2,3 Met. gesichert.

Für die  $L = 1580 \text{ Met.}$  lange und  $h = 0.76 \text{ Met.}$  absolutes Gefälle besitzende Abteilung kann das Treppensystem Nr. III (siehe beigefügtes Blatt) genommen werden.

Vor Punkte  $A$  kann die 260 Met. lange Strecke der vorangehenden oder folgenden Section gehören. So ist die Länge zwischen den Punkten  $A$  und  $B$ :  $L = 1580 \text{ Met.}$  Ferner bei einem Übergange aus dem Querschnitte *Nr. 1* in den mit *Nr. 2* bezeichneten das entsprechende resultirende relat. Gefälle laut Tabelle III Post-Nr. 161 ist:  $i = 0.0001864$ .

Im gegebenen Falle ist der Krümmungscoëff. nach Formel A):

$$k = \frac{L \cdot i}{2h} = \frac{1580 \times 0.0001864}{2 \times 0.76} = 0.223$$

Die Entfernung des Teilungspunktes  $u$  (siehe 3. Fig.) von den zwei Endpunkten:

$$L' = \frac{(1-0.223) 1580}{1.223} = 1004 \text{ Met.}$$

$$L'' = 1580 - 1004 = 576 \text{ „}$$

## 2. Section.

Die Länge der Section ist  $L_x = 23.5 \text{ Kilom.}$ , das absolute Gefälle  $H_x = 6.5 \text{ Met.}$  und die Wassermenge  $Q = 2 \text{ Kub. Met.}$

Die Einteilung könnte nach Treppensysteme Nr. 1 sein:

5 Abteilungen mit einzeln  $L = 3800$  Met. Länge und  $h = 1$  Met. Gefälle;

1 Abteilung mit 4500 Met. Länge und 1,5 Met. Gefälle.

Bei den 5 Abtheilungen sind folgende Einrichtungen angewendet:

Zwischen den Punkten  $A$  und  $B$  (siehe beigefügtes Blatt) sei der Kanal-Querschnitt der mit *Nr. 1* bezeichnete, die Länge  $L_1 = 50$  Met., die Gefällslinie beinahe horizontal.

Bei dem Punkte  $B$  erfolgt mit horizontalem Wasserspiegel, aber mit  $h_1 = 1$  Met. Sohlen-Absturze ein Übergang in den Querschnitte Nr. 1b. Dieser bleibt in der Länge  $L_2 = 350$  Met. unverändert.

Zwischen  $C$  und  $D$  erfolgt ein Übergang aus dem Querschnitte *Nr. 1b* in den mit *Nr. 1* bezeichneten. Die Sohle ist horizontal, das Wasserspiegel-Gefälle  $h_3 = 1$  Met., das relat. Gefälle laut Tab. I Post-Nr. 21:  $i_3 = 0,0001$ , die Entfernung zwischen  $C$  und  $D$ ,  $L_3 = 3800 - (50 + 350) = 3400$  Met.

Nach Formel  $A)$  (siehe 4-tes Kap.) wird der Krümmungscoëfficient (die Elasticität) sein:

$$k_3 = \frac{L_3 \cdot i_3}{h_3} = \frac{3400 \times 0,0001}{1} = 0,34.$$

Die Gefällslinie des Wasserspiegels ist daher einer Parabel 2-ten Grades ähnlich. Damit diese Linie auch gesichert sei, kann der Übergang der Sohlenbreiten-Veränderung nach der in Fig. 4. bezeichneten Form gewählt werden. Die Entfernung des Teilungspunktes  $u$  (siehe 3. Fig.) von dem unteren Grenzpunkte ist nach Formel  $C)'$ .

$$L_3'' = \frac{3(1-k_3)}{3+k_3} = \frac{3(1-0,34) 3400}{3,34} = 2016 \text{ Met.}$$

und von dem oberen Grenzpunkte

$$L_3' = 3400 - 2016 = 1384 \text{ M.}$$

Werden die mit *Nr. 2* und *2b* bezeichneten Kanal-Querschnitte (siehe Tab.  $A$ ) genommen, so ist zwischen den Punkten  $C$  und  $D$  das relat. Gefälle nach Post-Nr. 53:  $i_3 = 0,000003$ , und so ist

$$k_3 = \frac{3400 \times 0.000093}{1} = 0.316$$

$$L_3'' = \frac{3(1-0.316) 3400}{3.316} = 2104 \text{ Met.}$$

$$L_3' = 3400 - 2104 = 1296 \text{ Met.}$$

Auf der  $L = 4500$  Met. langen Abteilung könnte die Einteilung folgende sein.

Zwischen den Punkten  $A$  und  $B$  die Länge  $L_1 = 50$  Met. mit dem Querschnitte *Nr. 1*.

An dem Punkte  $B$  erfolgt der Übergang mit  $1\frac{1}{5}$  Met. hohem Sohlenabsturze in den Querschnitt *Nr. 1c*. Derselbe bleibt unverändert in der Länge  $L_2 = 350$  Met.

Zwischen  $C$  und  $D$  erfolgt ein Übergang aus dem Querschnitte *Nr. 1c* in den mit *Nr. 1* bezeichneten. Die Sohle ist horizontal, das Wasserspiegelgefälle  $h_3 = 1\frac{1}{5}$  Met., das relat. Gefälle laut Tab. I Post.-Nr. 25.  $i_3 = 0.0001114$ . Die Entfernung  $L_3 = 4500 - (50 + 350) = 4100$  Met.; mithin:

$$k_3 = \frac{4100 \times 0.0001114}{1.5} = 0.304$$

$$L_3'' = \frac{3(1-0.304) 4100}{3.304} = 2591 \text{ M.}; L_3' = 4100 - 2591 = 1509 \text{ M.}$$

### 3. Section.

Die Länge derselben ist  $L_x = 25\frac{1}{5}$  Kilom., das abs. Gefälle  $H_x = 2\frac{1}{5}$  Met.

Die Section kann in 5 Abteilungen, zu  $L = 5\frac{1}{5}$  Kilom. Länge und  $h = 0\frac{1}{5}$  Met. abs. Gefälle eingeteilt werden.

Die Einrichtung nach Treppensystem *Nr. 1* ist folgende.

Zwischen den Punkten  $A$  und  $B$  (siehe auf beigefügtem Blatte) ist die Länge  $L_1 = 100$  M. Das Gefälle kann für Null genommen werden.

Bei dem Punkte  $B$  erfolgt mit  $0\frac{1}{5}$  M. hoher Sohlenstufe ein Übergang aus dem Querschnitte *Nr. 1* in den mit *Nr. 1a* bezeichneten. Derselbe bleibt unverändert bis zu dem Punkte  $C$ . Die Länge ist  $L_2 = 400$  Met.

Zwischen  $C$  und  $D$  bleibt die Sohle horizontal, die Senkung des Wasserspiegels ist jedoch dem Absturze  $h_1 = h_3 = 0\frac{1}{5}$  Met.

gleich. Der Querschnitt *1a* übergeht in den mit *Nr. 1* bezeichneten (siehe Tab. *A*), das relat. Gefälle ist laut Tabelle I Post-Nr. 17  $i_3 = 0.0000861$ . Die Länge  $L_3 = 5100 - (100 + 400) = 4600$  Met.

Der Krümmungscoëff. mithin

$$k_3 = \frac{L_3 \cdot i_3}{h_3} = \frac{4600 \times 0.0000861}{0.5} = 0.792.$$

Das erhaltene Resultat für  $k$  ist grösser als  $\frac{1}{2}$ . Wie es im 4-ten Kap. erwähnt wurde, ist die Gefällslinie in diesem Falle eine concave, das h. der Wasserspiegel senkt sich unter die gerade Linie. (Siehe 2. Fig.)

Um überall eine genügende Wassertiefe zu erhalten, müsste auch die Sohle in concaver Linie ausgebildet werden, was aber die Erdarbeit, Dichtung etc. bedeutend vermehrt. Es ist darum zweckmässiger die Entfernungen  $L_1, L_2$  grösser und  $L_3$  kleiner zu nehmen.

Zum B.  $L_1 + L_2 = 2100$  Met.,  $L_3 = 5100 - 2100 = 3000$  Met. und erhalten wir für  $k_3$ :

$$k_3 = \frac{3000 \times 0.0000861}{0.5} = 0.517.$$

Die Gefällslinie wäre mithin annähernd eine gerade Linie.

Wenn wir die Querschnitte mit *Nr. 2* und *2a* austauschen, laut Tab. I Post-Nr. 49 ist  $i_3 = 0.0000778$  und erhalten wir:

$$k_3 = \frac{3000 \times 0.0000778}{0.5} = 0.468$$

Die Entfernungen des Teilungspunktes  $u$  der Sohlenveränderungslinie (siehe Fig. 4) sind:

$$L_3' = \frac{3(1-0.468)3000}{3.468} = 1380 \text{ Met.}, L_3'' = 3000 - 1380 = 1620 \text{ M.}$$

Die Gefällslinie des Wasserspiegels würde sehr geringe Convexität besitzen.

### Bemerkungen.

Die obwaltenden Umstände in Betracht gezogen, müsste man bei einem geplanten Schiffahrtskanale mit Kammerschleusen, ausser den an den zwei Endpunkten des Kanales geplanten

Schleusen — beim Anschlusse an den March-Fluss — auch dazwischen noch vier Kammerschleusen ausbauen.

Diese vier Schleusen wären nach den oben erörterten Prinzipien unnötig, wodurch man zu mindestens 2,400.000 Kronen ersparen könnte. Ferner würde die Erdarbeit um ein Beträchtliches vermindert, die bei den Strassen-, Eisenbahn- und Bach-Kreuzungen nötigen Objekte vereinfacht und hiedurch die ganze Anlage bedeutend billiger werden, nachdem der mit oben erörtertem Systeme zugeplante Kanal sowohl dem Terrain, als wie anderen Verhältnissen entsprechender geleitet und erbaut könnte werden.

*Führt die oben erörterte Methode in der Praxis zum erwünschten Ziele, wass wir nicht bezweifeln, so kann mit Hilfe der einfacheren und billigeren Kanäle die Kanalisierung der Flüsse mittelst Stauwehren, welche sowohl die Hochwassergefahr erheblich steigern können, als auch andere Unannehmlichkeiten verursachen, meistentheils vollkommen vermieden werden.*

Den grossen Vorthail, welchen wir bei Schiffartskanälen mit starken Terrainsteigungen mittelst des oben erörterten Prinzipes erreichen können, beweisen folgende Beispiele.

## II.

Als ein weiteres Beispiel möge ein Teil des Schiffartskanales, welche in österr. Schlesien im Thale der Olsa geplant werden kann, dienen.

Die Länge der Strecke zwischen Freistadt und Teschen würde betragen ohngefähr  $L_x = 13\frac{5}{8}$  Kilom., das abs. Gefälle nach der Nivelette der Kassa-Oderberger Bahn,  $H_x = 40\frac{6}{10}$  Meter (*also pro Kilometer  $3\frac{0074}{10000}$  Met.*)

Es können 10 Abteilungen mit je  $L = 1\frac{35}{100}$  Kilom. Länge und  $h = \frac{40\frac{6}{10}}{10} = 4\frac{06}{10} = 4$  Met. abs. Gefälle genommen werden.

Die Einrichtung der einzelnen Abteilungen mögen nach Treppensystem Nr. II (siehe beigefügtes Blatt) durchgeführt sein.

Zwischen den Punkten  $A'$  und  $A$  sei die Länge  $L = 50$  Met. der angewendete Querschnitt der mit *Nr. 2* bezeichnete (siehe Tab. A), welcher an dem Punkte  $A$  mit einem Sohlen-Stufe  $h = 2$  Met. in den mit *Nr. 2d* bezeichneten übergeht.

Zwischen  $A$  und  $B$  sei die Länge  $L_2 = 1000$  M., der Querschnitt variirt zwischen den mit *Nr. 2d* und *Nr. 1* bezeichneten (siehe Tab. A). Das Gefälle der Kanalsohle ist  $h_u = 2$  Met., folglich das Gefälle am Wasserspiegel:  $h_o = h_1 + h_u = 2 + 2 = 4$  M. Das relat. Gefälle laut Tabelle II Post-Nr. 77  $i_2 = 0.000223$  (mit einer Wassermenge  $Q = 2$  Kub. Met.)

Von dem Punkte  $B$  bis  $C$  ist die Entfernung  $L_3 = 1350 - 1000 = 350$  Met.)

Nach Gleichung A) — siehe Kap. 4. — ist

$$i_2 = \frac{k_o h_2 + k_u \cdot h_u}{L_2}$$

Wird der Krümmungscoëff. der Sohle  $k_u = 0.03$  genommen, so erhalten wir für den Krümmungscoëff. des Wasserspiegels

$$k_o = \frac{L_2 \cdot i_2 - k_u \cdot h_u}{h_2} = \frac{1000 \times 0.000223 - 0.03 \times 2}{4} = 0.0407.$$

Die Entfernungen des Teilungspunktes  $u$  (siehe 3. Fig.) von den betreffenden Grenzpunkten ( $A$  und  $B$ ) sind nach Gleichung C.)

$$L_2'' = \frac{(1 - k_o) L}{1 + k_o} = \frac{(1 - 0.041) 1000}{1.041} = 920 \text{ Met.}$$

$$L_2'' = 1000 - 920 = 80 \text{ Met.}$$

Es müsste daher eine starke Senkung des Wasserspiegels gegen den Punkt  $B$  zu auf eine kurze Distanz erfolgen. Damit die Convexität des Wasserspiegels geringer werde, kann eine gerade Übergangslinie der Querschnitts-Veränderung (siehe 4. Fig.) gewählt werden. *Hiedurch wird sich zwar der Wasserspiegel ober dem Punkte  $B$  heben, welche Erhebung jedoch bis Punkt  $C$ , vorausgesetzt dass die Länge  $L_3$  genügend gross ist, wieder ausgeglichen werden kann.*

Da die Steigung auf dieser Strecke sehr gross ist, so bedürfen die Schiffe à 500—800 Tonnen trotzdem die Geschwindigkeit des Wassers eine geringe ist, bei der Bergfahrt einer stärkeren mechanischen Zugkraft.

### III.

Das folgende Beispiel bezieht sich auf einen, im Thale des Wag-Flusses projectirbaren Schiffahrtskanal.

Die Steigungsverhältnisse des Wag-Thales zwischen den Städten *Szered* und *Zsolna* sind in folgender Tabelle enthalten.

Section	Benennung der Ortschaften	Entfernungen Kilom.		Steigungen Met.		
		einzel $L_x$	zu- sammen	einzel $H_x$	zu- sammen	pro Kilom.
	Szered (Kleinwasser im Wag-Flusse)	0	0	0	0	
1	Galgócz	16.92	16.92	12.1	12.1	0.7151
2	Pöstyén (Bahnhof)	19.8	36.72	19.4	31.5	0.9798
3	Vág-Ujhely	19	55.72	23.2	54.7	1.221
4	Trencsén (Wag-Brücke)	22.34	78.06	26.2	80.9	1.1728
5	Liborcsa (Vlara-Thal)	10.1	88.16	19.6	100.5	1.9406
6	Lédecz	15.7	103.86	21	121.5	1.3376
7	Pucho (Bahnhof)	10.5	114.36	16.5	138.0	1.5714
8	Orlova-Besztercze	14.5	128.86	16.9	154.9	1.1655
9	Nagy-Bittse	16.1	144.96	23	177.9	1.4286
10	Zsolna (Einmündung des Kisuca- Flusses)	14.79	159.75	23.7	201.6	1.6024

### 1. Section.

Die ganze Länge ist  $L_x = 16.92$  Kilom., das absolute Gefälle  $H_x = 12.1$  Met.

Diese Section kann in 8 Treppenabteilungen mit je  $\frac{16.92}{8} = 2.115$  Kilom. Länge und  $\frac{12.1}{8} = 1.5$  Met. (rund) Gefälle eingeteilt werden.

Die verfügbare Wassermenge beim kleinsten Wasser ist zwischen 2—10 Kub. Met. pro Secunde. Wir haben  $Q = 4$  K. Met. in Rechnung gezogen.

### Erste Lösung.

Nach Treppensystem Nr. I (siehe das beigefügte Blatt) die Einteilung kann folgende sein:

Zwischen den Punkten *A* und *B* wird der Querschnitt *Nr. 2* (siehe Tab. *A*) angewendet. Die Distanz  $L_1 = ?$

Die weiters angewendeten Querschnitte sind die mit *Nr. 2c* und 2 bezeichneten.

Die Distanz  $L_2 = ?$

Beim Punkte *B* erfolgt eine Sohlen-Stufe mit  $h_1 = 1.5$  Meter Höhe.  $L_3 = ?$  Weiter ist die Sohle horizontal, das Wasserspiegelgefälle  $h_3 = h_1 = 1.5$  Met. Laut Tabelle I Post-Nr. 58 das relat. Gefälle ist  $i_3 = 0.000102$ .

Wählen wir den Krümmungscoëfficienten für den Wasserspiegel  $k_3 = 0.12$ , so wird nach Gleichung *A*)

$$L_3 = \frac{k_3 \cdot h_3}{i_3} = \frac{0.12 \times 1.5}{0.000102} = 1764 \text{ Met.}$$

Und so entfällt auf die Länge  $L_1$  und  $L_2$ :

$L_1 + L_2 = 2115 - 1764 = 351$  Met., wo  $L_1 = 51$  Met.,  $L_2 = 300$  Met. genommen werden kann.

Die Entfernungen des Teilungspunktes *u* (siehe 3. Fig.) von den Grenzpunkten sind:

$$L_3' = \frac{(1 - k_3) L_3}{1 + k_3} = \frac{(1 - 0.12) 1760}{1.12} = 1376 \text{ M.}; L_3'' = 1764 - 1376 = 388 \text{ M.}$$

### Zweite Lösung.

Die Längen und Gefälle der Abteilungen sind dieselben wie oben, erfolgt jedoch nach Treppen-System *Nr. II* zwischen *A* und *B* (siehe beigefügtes Blatt) ein Übergang aus dem Querschnitte *Nr. 2c* in den mit *Nr. I* bezeichneten.

Die Entfernung des Teilungspunktes von der unteren Grenze (*B*) möge 600 Met. betragen. Wie gross sind die Längen  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ?

Laut Tabelle II Post-Nr. 74 ist das resultirende relat. Gefälle  $i_2 = 0.0002509$ .

Nach Gleichungen *C*) und *A*) ist

$$k_o = \frac{L''}{2L - L''} = \frac{L \cdot i - k_u \cdot h_u}{h_o}$$

und so

$$L = \frac{2k_u \cdot h_u + L'' \cdot i \pm \sqrt{(2k_u \cdot h_u + L'' \cdot i)^2 + 8L'' \cdot i (h_o - k_u \cdot h_u)}}{4i} \dots D)$$

In dem gegebenen Falle ist  $k_u \cdot h_u = 0$ ,

$$\text{und so } L = \frac{L'' \pm \sqrt{L'' \left( L'' + \frac{8 h_o}{i} \right)}}{4} \dots D'$$

Nehmen wir für  $L$  die bereits oben benützte Bezeichnung  $L_2$ , ferner die Werte  $h_o = h_3 = 1.5$  M.,  $L'' = 600$  Met. an, so wird

$$L_2 = \frac{600 + \sqrt{600 \left( 600 + \frac{8 \times 1.5}{0.0002509} \right)}}{4} = 1497 \text{ Met.}$$

Folglich ist  $L_1 + L_3 = 2115 - 1500 = 615$  Met., wo für  $L_1 = 155$  Met., und  $L_3 = 460$  Met. genommen werden kann.

$$\begin{aligned} \text{Ferner } k_3 &= \frac{L_2''}{2L_2 - L_2''} = \frac{600}{3000 - 600} = \frac{L_2 \cdot i_2}{h_3} = \\ &= \frac{1500 \times 0.000251}{1.5} = 0.25 \text{ ist.} \end{aligned}$$

### Dritte Lösung.

Nach Treppensysteme III (siehe beigefügtes Blatt) sei:

$$L_1 = 1800 \text{ M. und } L_2 = 315 \text{ Met.}$$

Der Querschnitt: am Punkte  $A$  sei der mit *Nr. 1* an den Punkten  $B$  und  $C$  der mit *Nr. 2* bezeichnete.

Das Gefälle des Wasserspiegels und der Sohle ist nach obiger Einteilung  $h_o = h_u = 1.5$  Met. Das resultierende relat. Gefälle laut Tabelle III Post-Nr. 162 ist  $i_1 = 0.000234$

Nach Gleichung  $A)$  wird der Krümmungscoëff.

$$k_1 = \frac{L_1 \cdot i_1}{2h_1} = \frac{1800 \times 0.000234}{2 \times 1.5} = 0.14 \text{ sein.}$$

Die Entfernungen des Teilungspunktes von  $A$  und  $B$  sind

$$\begin{aligned} L_1' &= \frac{(1-k_1) L_1}{1+k_1} = \frac{(1-0.14) 1800}{1.14} = 1358 \text{ M.,} \\ L_1'' &= 1800 - 1358 = 442 \text{ M.} \end{aligned}$$

### 2. Section.

Die ganze Länge beträgt  $L_x = 19.8$  Kilom., das absolute Gefälle  $H_x = 19.4$  Met.

Die Section möge in 9 Abteilungen mit je  $L = 2000$  Met. Länge und  $h = 2$  Met. Gefälle, und 1 Abteilung mit 1800 Met. Länge und  $h = 1\frac{1}{2}$  M. Gefälle geteilt werden.

Bei einer nach Treppensystem Nr. II. (siehe beigelegtes Blatt) zusammengestellten Einrichtung ist der Querschnitt an den Punkten  $A'$ ,  $B$  und  $C$  der mit *Nr. 2*, am Punkte  $A$  der mit *Nr. 2d* und vor  $B$  der mit *Nr. 1* bezeichnete.

Zwischen  $A$  und  $B$  ist die Sohle horizontal  $h_u = 0$ , das Wasserspiegelsgefälle  $h_2 = h_1 = 2$  M. Das resultirende relat. Gefälle ist laut Tabelle II Post-Nr. 78  $i_2 = 0.000272$ .

Die Entfernung des Teilungspunktes  $u$  (siehe 3. Fig.) von der unteren Grenze ( $B$ ) sei  $L_2'' = 500$  Met.

Unbekannt sind die Längen  $L_1$ ,  $L_2$  und  $L_3$ ?

Aus Gleichung A) und C) ist

$$L = \frac{k_o h_o + k_u h_u}{i} = \frac{L''(1 + k_o)}{2 k_o}$$

Aus dieser Gleichung wird

$$2 k_o^2 h_o + (2 k_u h_u - L'' \cdot i) k_o = L'' \cdot i \dots \dots \dots z)$$

$$\text{und } k_o = \frac{-(2 k_u h_u - L'' \cdot i) \pm \sqrt{(2 k_u h_u - L'' \cdot i)^2 + 8 h_o L'' \cdot i}}{4 h_o} \dots \dots E.)$$

sein.

Ist  $2 k_u h_u = 0$  (bei horizontaler Sohle), so wird

$$k_o = \frac{L'' \cdot i \pm \sqrt{L'' \cdot i (L'' \cdot i + 8 h_o)}}{4 h_o} \dots \dots E') \text{ sein.}$$

Wird in der Gleichung  $z)$   $k_o h_o = k_u h_u = k h$  gesetzt, so ist noch

$$k = \frac{L'' \cdot i \pm \sqrt{L'' \cdot i (L'' \cdot i + 16 h)}}{8 h} \dots \dots E'')$$

In gegebenem Beispiele erhalten wir nach Gleichung E')

$$\begin{aligned} k_o &= \frac{0.136 + \sqrt{500 \times 0.000272 (500 \times 0.000272 + 8 \times 2)}}{4 \times 2} = \\ &= \frac{0.136 + 1.481}{8} = 0.202 \end{aligned}$$

Die Länge  $L_2$  ist daher

$$L_2 = \frac{k_o h_o}{i_2} = \frac{0.202 \times 2}{0.000272} = \frac{L_2''(1 + k_o)}{2 k_o} = \frac{500 \times 1.202}{0.404} = 1487 \text{ Met.}$$

Folglich ist  $L_2' = 1487 - 500 = 987$  Met., ferner

$$L_1 + L_3 = L - L_2 = 2000 - 1487 = 513 \text{ Met.}$$

Es kann für  $L_1 = 113$  Met. und  $L_3 = 400$  Met. genommen werden.

In der 1800 Met. langen Abteilung kann nach Treppensystem Nr. II, an den Punkten  $A'$ ,  $B$  und  $C$  der mit *Nr. 2*, bei  $A$  der mit *Nr. 2c* und vor  $B$  der mit *Nr. 1* bezeichnete Querschnitt genommen werden. Zwischen  $A$  und  $B$  ist  $h_1 = h_2 = 1.5$  Met.; nach Tab. II Post-Nr. 74 ist  $i_2 = 0.0002509$ . Die Längen seien:  $L_1 = 50$ ,  $L_2 = 1400$  und  $L_3 = 350$  Met.

Der Krümmungscoefficient ist

$$k_o = \frac{L_2 \cdot i_2}{h_2} = \frac{1400 \times 0.000251}{1.5} = 0.234;$$

$$\text{ferner } L_2' = \frac{(1 - 0.234) 1400}{1.234} = 870 \text{ Met. (rund), und}$$

$$L_2'' = 1400 - 870 = 530 \text{ Met.}$$

Es möge noch die 5-te Section als Beispiel vorgeführt werden.

### 5. Section.

Die Länge derselben ist  $L_x = 10.1$  Kilom., das absol. Gefälle  $H_x = 19.6$  Met.

Die Section möge in 10 Abteilungen mit je  $\frac{10.1}{10} = 1010$  Met.

Länge und  $h = \frac{19.6}{10} = 1.96$  (rund 2) Met. Gefälle eingeteilt werden.

Nach Treppensystem Nr. II ändern die Querschnitte zwischen den mit *Nr. 2*, *2d* und *1* bezeichneten. Das resultierende relat. Gefälle auf die Länge  $L_2$  ist nach Tab. II Post-Nr. 78  $i_2 = 0.0003483$  (sehr rauhe Kanalfläche).

Ist die Entfernung des Teilungspunktes  $u$  (siehe 3. Fig.) von dem unteren Grenzpunkte ( $A$ )  $L_2 = 150$  Met. und ferner aus Formel E') der Krümmungscoefficient.

$$k_o = \frac{150 \times 0.0003483 \pm \sqrt{0.0522(0.0522 + 8 \times 2)}}{8} = \frac{0.0522 \pm 0.915}{8} = 0.121,$$

$$\text{so wird } L_2 = \frac{k_o h_2}{i_2} = \frac{0.121 \times 2}{0.0003483} = 695 = 700 \text{ Met.},$$

$$L_1 + L_3 = L - L_2 = 1010 - 700 = 310 \text{ Met. sein.}$$

Wo  $L_1 = 50$  und  $L_3 = 260$  Met. lang genommen werden kann.

#### Bemerkung.

Wie das Beispiel beweist, im Wag-Thale wäre *nach der oben erörterten Methode* ein Schiffahrtskanal ohne einzige Kammer-schleuse — ausser den bei den zwei Endpunkten nötigen — möglich. Mit den bis jetzt gebrauchten Mitteln würden  $\frac{201'6}{5} = 40$  (rund) Schleusen, mit eben so viel Haltungen, nötig sein. Diese Einrichtung würde also allein bei den Schleusen — ausser Acht gelassen die bedeutend grösseren Erd-Arbeiten und kostspieligen Objecte etc. — eine Mehrausgabe von mindestens 24.000.000 Kronen verursachen.

#### IV.

Hier führen wir die Art der Anwendung der oben erörterten Prinzipien bei Umgehung der Kataracte an.

Mit Hilfe der vorgetragenen Einrichtungen können Kataracte oder Wirbel und seichte Furten, mit sehr grossem Gefälle, leicht und mit möglichst geringen Kosten, umgegangen werden. Die Art der Anwendung erklärt folgendes Beispiel.

*Es sei bei dem Kataracte eines grossen Stromes der Unterschied zwischen dem oberen und unteren Wasserspiegel bei Niederwasser  $h = 4$  Met. Dieser Unterschied soll in einem höchstens 1.1 Kilom. langen Kanale verteilt werden.* Die verfügbare secundliche Wassermenge  $Q$  sei 10 Kub. M.

Die Einrichtung nach Treppensystem Nr. II (siehe beigelegtes Blatt) möge bei dem Kanale, welcher mit den in Tabelle A) angeführten Querschnitten auszubauen wäre, folgende sein.

Zwischen den Punkten  $A'$  und  $A$  sei mit *Nr. 2* bezeichneter Querschnitt angewendet. Bei Punkte  $A$  übergeht dieser in den mit *2d* bezeichneten, welcher wieder von hier aus bis Punkt  $B$  nach und nach in den mit *Nr. 1* bezeichneten übergeht.

Zwischen  $B$  und  $D$  wird der Kanal mit dem Querschnitte *Nr. 2*, oder aber in einer beliebigen Breite ausgebaut.

An dem Punkte  $A$  ist die Sohlen-Stufe  $h_1 = 2$  Met. und dementsprechend von  $A$  bis  $B$  das Sohlengefälle noch  $h_u = 2$  Met. Folglich das Wasserspiegelgefälle  $h_2 = h_1 + h_u = 4$  Met. Das relat. Gefälle, bei sehr grosser Reibung, ist nach Tab. II Post-Nr. 80  $i_2 = 0.0007046$ .

Es müssen die Längen  $L_1$ ,  $L_2$  und  $L_3$  berechnet werden.

Ist die Entfernung des Teilungspunktes  $u$  (siehe 3. Fig.) von der unteren Grenze ( $B$ )  $L_2'' = 200$  Met., der Coëfficient  $k_u = 0.02$ , so wird der Krümmungscoëfficient des Wasserspiegels nach Formel E).

$$k_o = \frac{0.061 + \sqrt{(0.061)^2 + 8 \times 4 \times 0.141}}{4 \times 4} = 0.1366,$$

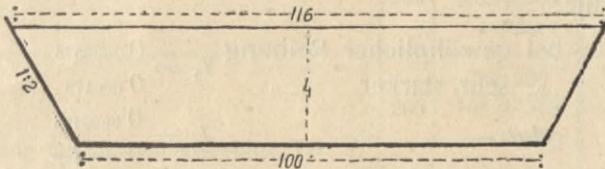
die Länge zwischen  $A$  und  $B$

$$L_2 = \frac{k_o h_2 + k_u h_u}{i_2} = \frac{0.137 \times 4 + 0.02 \times 2}{0.0007046} = 834 \text{ (rund 830) M.}$$

und  $L_1 + L_3 = 1100 - 830 = 270$  Met. sein.

Hievon kann auf  $L_1 = 50$ , auf  $L_3 = 220$  Met. entfallen.

Wäre im gegebenen Beispiele ein breiter Kanal in Berechnung zu ziehen, in welchem grosse Dampfer mit ganzen Schleppzuge durchfahren und sich einander begegnende Schiffe auch ausweichen können, so könnte die veränderliche Bewegung und ihr entsprechendes Gefälle für die unten mitgetheilten Querprofile berechnet werden:

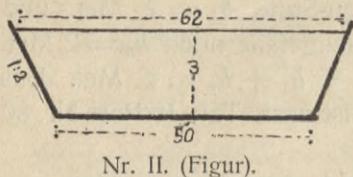


Nr. I. (Figur).

Die secundliche Wassermenge ist  $Q = 200$  und  $100$  Kub. M. Benässte Fläche  $F_1 = 108 \times 4 = 432$  □Met. Benässter Umfang

$p_1 = 117.8$  M. Mittlere Geschwindigkeit  $c_1 = \frac{200}{432} = 0.4627$ , oder

$\frac{100}{432} = 0.2313$  Met.



Nr. II. (Figur).

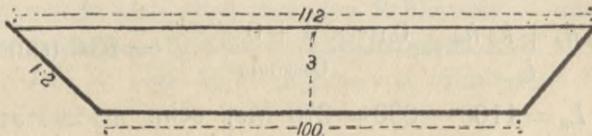
Benässte Fläche  $f = 56 \times 3 = 168$   
 □ Met. Benässter Umfang  $p = 63.4$   
 Met. Mittlere Geschwindigkeit

$$c = \frac{200}{168} = 1.1904, \text{ oder } \frac{100}{168} = 0.5952$$

Met.

Bei gleichförmiger Bewegung des Wassers entsprechen dem letzteren Querschnitte die relat. Gefälle:

bei gewöhnlicher Reibung	$I = 0.000283$
„ sehr starker	„ $I = 0.0007905$
oder	$I = 0.0000844$
	$I = 0.0001645$



Nr. III. (Figur).

Benässte Fläche  $F_2 = 106 \times 3 = 318$  □ M.

Benässter Umfang  $p_2 = 113.4$  Met. Mittlere Geschwindigkeit

$$c_2 = \frac{200}{318} = 0.629, \text{ oder } \frac{100}{318} = 0.314 \text{ Met.}$$

Bei gleichförmiger Bewegung des Wassers entsprechen die relat. Gefälle:

bei gewöhnlicher Reibung	$I_2 = 0.0000876$
„ sehr starker	„ $I_2 = 0.000178$
oder	$I_2 = 0.0000286$
	$I_2 = 0.0000488$

Wäre das absolute Gefälle auf die 1<sub>1</sub> Kilometer lange Strecke gleichmässig verteilt, so würde das relative Gefälle

$$I' = \frac{4}{1100} = 0.003636 \text{ sein.}$$

Diesem würde bei Anwendung des Querschnittes Nr. II und bei gewöhnlicher Reibung eine mittlere Geschwindigkeit  $c = 4.395$  Met. (die in den Kanal einströmende Wassermenge daher  $Q' = 168 \times 4.395 = 738.4$  Kub. Met.), bei sehr grosser Reibung

$c' = 2.941$  M. (und die Wassermenge  $Q' = 168 \times 2.941 = 494$  Kub. Met.) entsprechen.

Bei diesen Geschwindigkeiten, welche gegen die Oberfläche zu noch wachsen, kann das Hinaufremorquieren der Lastschiffe nur mittelst sehr starker Dampfer und da auch nur einzeln erfolgen.

Entschieden günstiger gestaltet sich die Lage, wenn für ungleichförmige Bewegung des Wassers ein mit verschiedenen relat. Gefällen versehener Kanal gebaut wird, wo nämlich die inneren Kräfte thätig und einen Theil des absol. Gefälles entkräften werden.

Folgende Tabelle enthält die dieser Bewegung entsprechenden resultirenden relat. Gefälle.

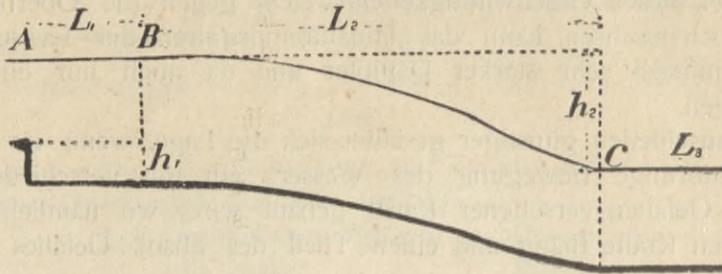
V. TABELLE.

Post-Nr.	Bezeichnung der Querschnitte	Wassermenge pro Sec $Q$	Die Durchschnittsgeschwindigkeit $C_k = \frac{2Q}{F_1 + F_2}$	Das relative Gefälle $i$
169	Übergang aus dem Querschnitte Nr. I in den mit Nr. II. bezeichneten	200	$\frac{2 \times 200}{432 + 168} = 0.667$	0.00208 0.002773
170		100	$\frac{2 \times 100}{432 + 168} = 0.334$	0.000753 0.000663
171	Übergang aus dem Querschnitte Nr. II in den mit Nr. III bezeichneten	200	$\frac{2 \times 200}{168 + 318} = 0.823$	0.00298 0.004470
172		100	$\frac{2 \times 100}{168 + 318} = 0.411$	0.00134 0.00198

Der Kanal würde am zweckmässigsten mit zweierlei Treppensystemen ausgebaut werden.

## 1. Treppensystem.

Längenprofil.



Grundriss.

5. Figur.

Im gegebenen Beispiele soll die Einteilung folgende sein.

Der Übergang aus dem Strome in den Kanal sei vor dem Punkte A.

Zwischen A und B wird der mit Nr. I bezeichnete Querschnitt angewendet. Die Länge ist  $L_1 = 100$  Met., die Sohle horizontal.

Von dem Punkte B bis C ist die Länge  $L_2 = 750$  Met. Hier erfolgt ein Übergang aus dem Querschnitte Nr. I in den mit Nr. II bezeichneten. Das Sohlengefälle ist  $h_u = 3$  Met., das des Wasserspiegels  $h_o = 4$  Met. Das relat. Gefälle ist bei  $Q = 200$  K. Met. und bei sehr starker Reibung nach Tab. V Post-Nr. 169.  $i_2 = 0.002773$ .

Von C abwärts bleibt die Sohle horizontal, die Länge  $L_3 = 250$  Met.

Unbekannt ist die Krümmung der Gefällslinie und die Übergangslinie der Querschnittveränderung?

Ist der Krümmungscoëff. der Sohle zwischen B und C  $k_u = 0.2$ , so wird der Coëfficient des Wasserspiegels

$$k_o = \frac{L_2 i_2 - k_u h_u}{h_o} = \frac{750 \times 0.002773 - 0.2 \times 3}{4} = 0.37 \text{ sein.}$$

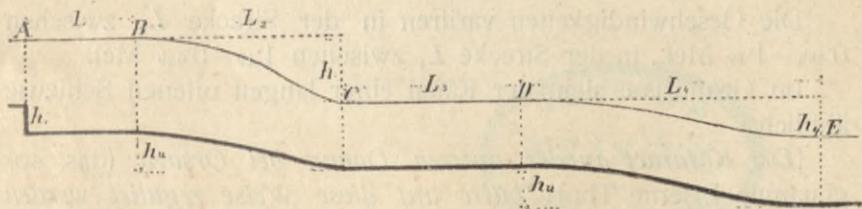
Die Entfernungen des Teilungspunktes  $u$  (siehe Fig. 3) von der oberen (in Fig. 5 der Punkt  $B$ ) und unteren Grenze (Punkt  $C$ ), das h. die Entfernungen des Teilungspunktes der Querschnitts-Veränderung (siehe Fig. 4) von der unteren und oberen Grenze sind folgende:

$$L_2' = \frac{3(1-k_0)L_2}{3+k_0} = \frac{3(1-0.37)750}{3.37} = 426 \text{ Met.}$$

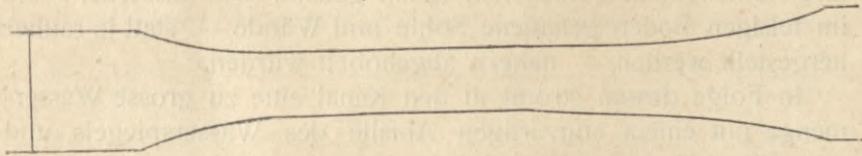
$$L_2'' = 750 - 426 = 324 \text{ Met.}$$

## 2. Treppensystem.

### Längenprofil.



### Grundriss.



6. Figur.

Die Einteilung sei folgende

Zwischen  $A$  und  $B$  ist in einer Länge  $L_1 = 50$  Met. der Querschnitt der mit Nr. I bezeichnete.

Von  $B$  bis  $C$  ist das Sohlgefälle  $h_u = 1$  Met., und das des Wasserspiegels  $h_2 = 2$  Met. Das entsprechende relat. Gefälle laut Tab. V Post-Nr. 169:  $i_2 = 0.002773$  die Entfernung  $L_2 = 330$  Met.

Zwischen den Punkten  $C$  und  $D$  ist die Gefällslinie annähernd horizontal, die Entfernung  $L_3 = 240$  Met., der angewendete Querschnitt der mit Nr. II bezeichnete.

Von  $D$  bis  $E$  ist das absolute Gefälle  $h_4 = h_u = 2$  Met., das

entsprechende rel. Gefälle laut Tab. V Post-Nr. 171  $i_4 = 0.004479$ , die Länge  $L_4 = 330$  Met.

Von  $E$  bis zum Endpunkte in der Länge  $L_1 = 50$  Met. ist der angewendete Querschnitt der mit Nr. III. bezeichnete.

Ist der Sohlencoefficient auf der Länge  $L_2$  und  $L_4$   $k_u = 0.2$ , so wird der des Wasserspiegels:

$$k_2 = \frac{L_2 i_2 - k_u k_u}{h_2} = \frac{300 \times 0.002773 - 0.2 \times 1}{2} = 0.358$$

(entspricht einer Parabel 2-ten Grades);

$$\text{und } k_4 = \frac{L_4 i_4}{2h_4} = \frac{330 \times 0.004479}{2 \times 2} = 0.37 \text{ sein. —}$$

Die Geschwindigkeiten variiren in der Strecke  $L_2$  zwischen  $0.463$ — $1.19$  Met., in der Strecke  $L_4$  zwischen  $1.19$ — $0.629$  Met.

Im Grundrisse sieht der Kanal einer langen offenen Schleuse ähnlich.

*[Der Kataract an der unteren Donau bei Orsova (das sogenannte Eiserne Thor) hätte auf diese Weise regulirt werden sollen.*

Statt dessen hat man einen mit gleichmässigem Querprofile und Sohlengefälle versehenen Kanal gebaut, wo ausserdem die im felsigen Boden gehauene Sohle und Wände — statt je rauher hergestellt werden — nahezu abgehobelt wurden.

In Folge dessen strömt in den Kanal eine zu grosse Wassermenge mit einem sturzartigen Abfalle des Wasserspiegels und mit sehr starker Geschwindigkeit ein.]

Wir führen noch folgendes Beispiel an.

Es sei in einem Strome der Absturz 2 Met. Derselbe möge in einem 1 Kilom. langen Kanale verteilt werden. Die secundliche Wassermenge ist  $Q = 100$  K. M.

Nach den in in Fig. 5. dargestellten Treppensysteme sei:

Zwischen  $B$  und  $C$  ein Übergang aus dem Querschnitte Nr. I in den mit Nr. II bezeichneten, ferner das Sohlengefälle  $h_1 = 1$  Met., das des Wasserspiegels  $h_o = 2$  Met. Das entsprechende resultirende relat. Gefälle ist laut Tab. V Post-Nr. 170  $i = 0.000963$ .

Ist  $k_o = k_u = k = 0.2$ ; so wird

$$L_2 = \frac{k(h_o + h_u)}{i} = \frac{0.2(2+1)}{0.000963} = 623 \text{ Met.}$$

und  $L_1 + L_3 = 1000 - 623 = 377$  Met. sein.

Die Entfernungen des Teilungspunktes  $u$  (siehe Fig. 3. und 4.) sind nach Formel C.)

$$L_2' = \frac{(1-k)L_2}{1+k} = \frac{(1-0.2)623}{1.2} = 415 \text{ Met.}$$

$$L_2'' = 623 - 415 = 208 \text{ Met.}$$

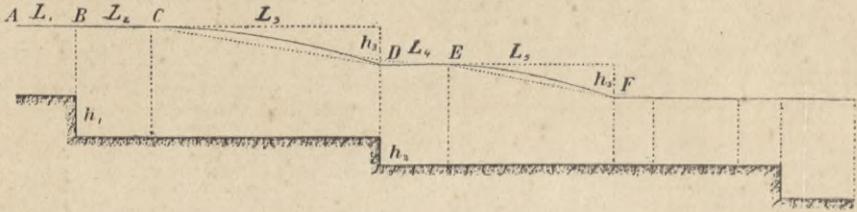






# I. TREPPE.

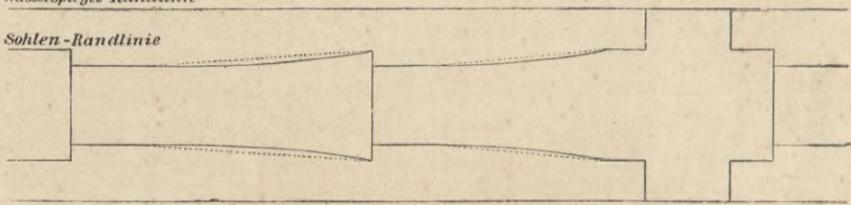
Längenprofil.



Grundriss.

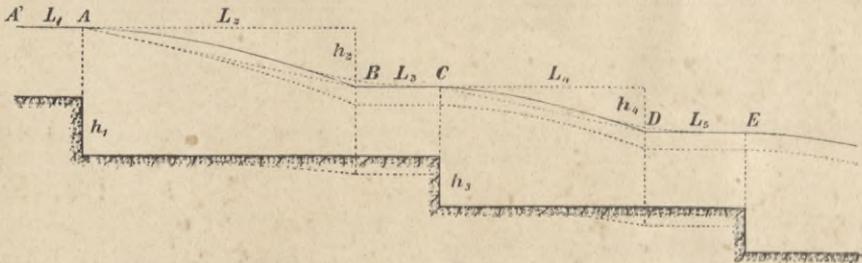
Wasserspiegel-Randlinie

Sohlen-Randlinie



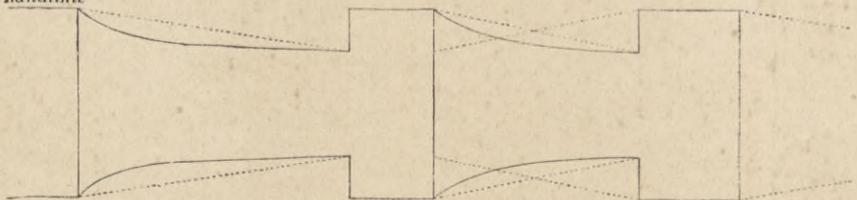
# II. TREPPE.

Längenprofil.



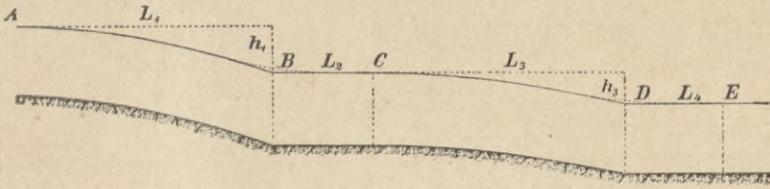
Grundriss.

Randlinie



### III. TREPPE.

Längenprofil.

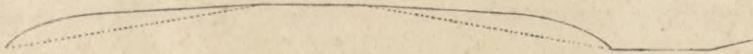
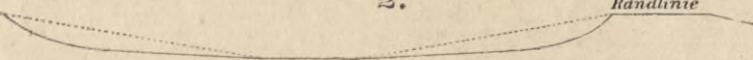


Grundriss.

1.

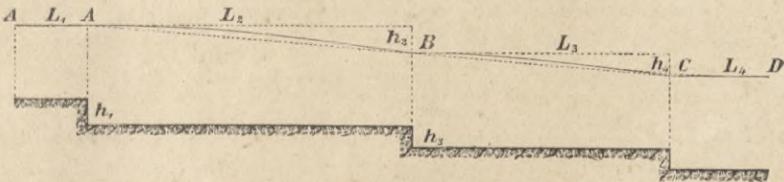


2.

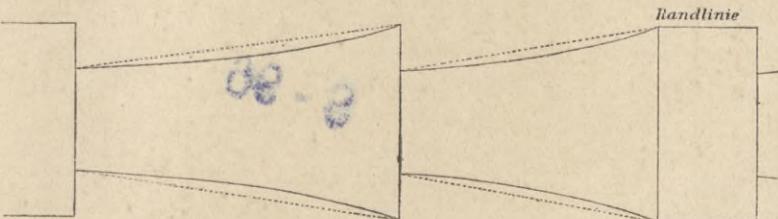


### IV. TREPPE.

Längenprofil.

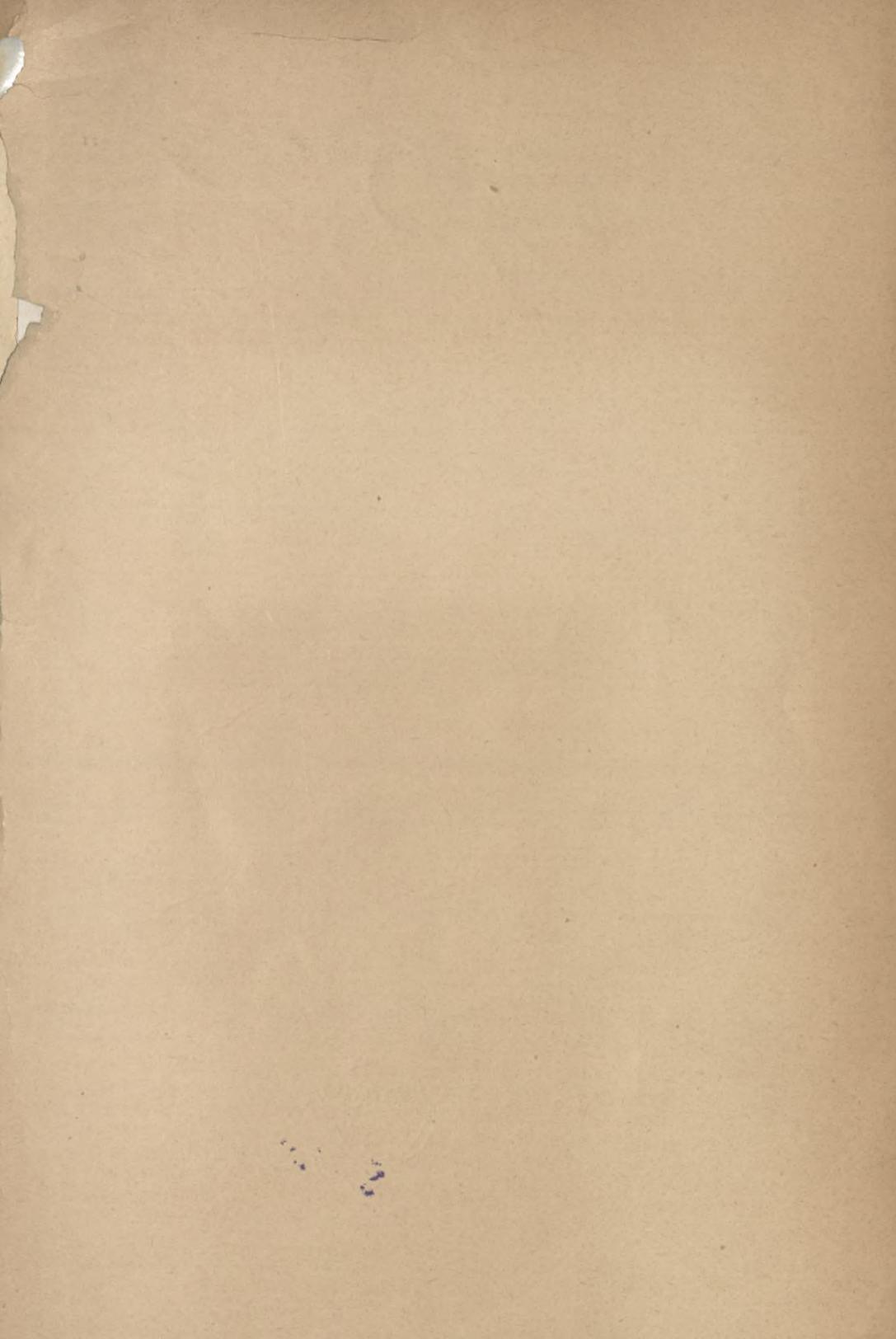


Grundriss.



6-96

S. 61





Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294670