

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

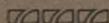


L. inw.

2702

INFÜHRUNG

IN DIE RATIONELLE METHODE
DER
BEOBACHTUNG IM FLUSSBAU.



Zur Förderung des Flußbaues
und seines Unterrichtes für
Ingenieure und Studierende

verfaßt von

Ing. C. KRISCHAN

behördl. autor. Bauingenieur, vereidigter, ständig bestellter Sachverständiger für Wasserbau
beim k. k. Landes- als Straf- und Zivilgericht und bei den k. k. Bezirksgerichten in Graz,
k. k. Oberingenieur i. R.

Mit 1 Tafel.

GRAZ 1911.

Druck und Verlag „Leykam“, Graz.

941
41

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297500

EINFÜHRUNG
IN DIE RATIONELLE METHODE
BEOBACHTUNG IM FLUSSBAU

Zur Förderung des Philonoes
und seines Unterrichtes für
Ingenieure und Studierende



x
1397

EINFÜHRUNG

IN DIE RATIONELLE METHODE

DER

BEOBACHTUNG IM FLUSSBAU.

~~~~~

Zur Förderung des Flußbaues  
und seines Unterrichtes für  
Ingenieure und Studierende

verfaßt von

Ing. C. KRISCHAN

behördl. autor. Bauingenieur, vereidigter, ständig bestellter Sachverständiger für Wasserbau  
beim k. k. Landes- als Straf- und Zivilgericht und bei den k. k. Bezirksgerichten in Graz,  
k. k. Oberingenieur i. R.

13/6  
F. Nr. 29 326

~~~~~ Mit 1 Tafel. ~~~~~



GRAZ 1911.

Druck und Verlag „Leykam“, Graz.

EINFÜHRUNG

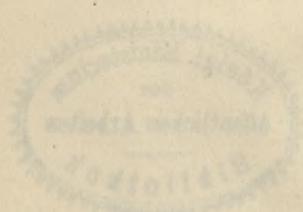
IN DIE RATIONELLE METHODE

BEOBACHTUNG IM FLUSSBAU

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

II 2702.

DR. C. KRISCHAY



Mr. 230

Akc. Nr. 1947/49

Unzweifelhaft bleiben Flußbauprojekte und ihre Ausführungen von Irrtümern und Mißerfolgen am sichersten bewahrt, wenn die tatsächlichen Erscheinungen im Wasserlaufe gewürdigt und berücksichtigt werden.

Wir sind demnach angewiesen, in der Erforschung der Eigenart des fließenden Gewässers und seiner Erscheinungen tätig zu sein und dürfen nicht erlahmen bei dem Versuche, die Ergebnisse der fortgesetzten sorgsamsten Beobachtungen klarzustellen.

Die Schwierigkeiten dieser Aufgabe sind allgemein bekannt, und nach dem gegenwärtigen Stande der Forschung lassen die Beobachtungsergebnisse noch keine Gesetze erkennen, nach welchen die einzelnen Erscheinungen in fließenden Gewässern verlaufen.

Wenn wir z. B. die Verhandlungen beim XI. internationalen Schifffahrts-Kongresse im Jahre 1908 über die fünfte, „den Schutz der Niederungen gegen Überflutung“, betreffende Frage verfolgen, so gewinnen wir die Überzeugung, daß auch in diesem besonderen Falle die Aufgabe noch nicht vollständig gelöst ist, was in den gefaßten Resolutionen 1 und 4 zum Ausdruck kommt, und zwar:

1. „Die Anwendung von hochwasserfreien Deichen zum Schutze der Niederungen gegen Überschwemmungen großer Ströme hat in zahlreichen Fällen einen unzweifelhaften Erfolg gehabt u. s. w.“

4. „Alle gegen das Eindringen von Wasser zu ergreifenden Maßregeln müssen die eventuellen Änderungen ernsthaft berücksichtigen, die sie in dem Stromgebiet unterhalb und oberhalb der betreffenden Stelle hervorrufen könnten.“

„Es empfiehlt sich, nur solche Unternehmungen auszuführen, die für ein und dasselbe Flußgebiet nur ein einheitliches, in allen einzelnen Teilen in den richtigen Verhältnissen gehaltenes Ganzes bilden.“

Daß die Prüfung vieler anderer Fragen noch nicht abgeschlossen ist und viele Aufgaben der Lösung harren, zeigt u. a. auch folgende, für den nächsten, im Jahre 1912 abzuhaltenden inter-

nationalen Schiffahrts-Kongreß in Vorschlag gebrachte Frage:

„Unter welchen Umständen und mit welchen Mitteln ist es technisch und wirtschaftlich zweckmäßig, die Schiffahrtsverhältnisse von Flüssen vorzugsweise durch Regulierung, durch Baggerung oder durch beide gemeinsam zu verbessern?“

Und noch ein weiteres Beispiel wollen wir erwähnen, nämlich die Regulierungsarbeiten an der Loire (Beginn der Arbeiten 1904).

Die Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines vom 7. Oktober 1910, Nr. 40, Seite 635 und Seite 636, veröffentlicht darüber unter anderem folgendes:

„Nach dem Projekte soll der Flußschlauch durch eine Reihe mäßiger, jedoch kontinuierlicher Angriffe verbessert werden. Das Projekt besteht aber nicht einfach in der in Deutschland gebräuchlichen Einengung des Flußschlauches, da durch die Reduzierung des wasserführenden Querschnittes die Geschwindigkeit vergrößert und infolgedessen sowohl die Erosion als auch die Ablagerung der Materialien derart vermehrt wird, daß hierdurch für die Schifffahrt keine besseren Verhältnisse resultieren.“

„Man beabsichtigt vielmehr, nicht erst etwas Neues zu schaffen, sondern bloß das Vorhandene zu verwalten und wirtschaftlich auszunützen, und deshalb trachtet man, die Tiefen und Schwellen zu erhalten und festzulegen und das Relief der Flußsohle nur zu mildern; der Talweg bleibt sinusförmig seiner Situation nach und im Längenprofil wie zuvor, und nur seine Wellenlinien werden regelmäßiger und seine Formen milder. Um dies zu erreichen, nimmt man die Wirkung des fließenden Wassers zu Hilfe. In jedem Punkte der Flußstrecke und in jedem Momente hat das Wasser stets von dem Sandmateriale des Bettes eine bestimmte Menge mitfortgerissen oder erhält sie in Schwebelag. Falls nun, ob künstlich oder natürlich, der Wasserquerschnitt sich verringert oder das Gefälle wächst, vermehrt sich auch die mitgenommene Materialmenge durch Erosion oder weitere Aushöhlung einer Tiefe; wenn hingegen der Wasserquerschnitt sich vergrößert oder die Geschwindigkeit geringer wird, so vermindert sich die mitgeführte Materialmenge, und die in Schwebelag befindlichen Materialien lagern sich ab.“

„Was nun den Erfolg der Arbeiten anbelangt, so will das Marineamt, das stets für die Ausführung eines Lateralkanales eingetreten war, denselben nicht zugeben. Es behauptet, daß die Werke die Schifffahrt gefährden, daß die Fahrrinne äußerst schmal und sinusförmig sei und die Verwendung von Segeln erschwere und fast unmöglich mache, und daß endlich die Stromgeschwindigkeit unverhältnismäßig gesteigert worden ist.“

„Sicher ist indessen doch, daß sich die Verhältnisse seit 1904 wesentlich gebessert haben. Wenn auch während der Ausführung der Arbeit, insbesondere bei Niederwasser, die Schifffahrt sehr behindert wird; wenn auch einzelne Stellen bis allher noch nicht einwandfrei sind; wenn auch die Fahrrinne schmal ist; so wurden doch die Formen des Flußbettes derart stabilisiert, daß der Talweg weder in der Situation noch im Längenprofil so schroffe Übergänge mehr aufweist wie zuvor, daß er sich weiters langsam den Werken anschmiegt und daß endlich auch die Fahrtiefen sich vergrößern.“

„Was nun die in beschriebener Weise vorgenommene Regulierung einer Teilstrecke der Loire behufs Verbesserung der Schifffahrtverhältnisse anbelangt, so wäre heute ein abschließendes Urteil darüber übereilt. Es handelt sich hier eben vorläufig nur um eine Versuchstrecke, und die bisher erzielten Resultate sind — wegen der Kürze der Versuchszeit — auch noch nicht als endgültige zu betrachten. Leider ist von der Wirkung der Versuchstrecke auf die angrenzenden Flußstrecken keine Erwähnung getan; das wäre aber gut zu wissen, weil auch die Urteile über die Regulierungsarbeiten selbst allzu sehr divergieren. Dem Prinzip nach hat man es hier mit der Regulierungsmethode Girardons und La Fargues zu tun, zu deren Unterstützung offiziell auch die Baggerung tritt. Das sollte gewiß einen vollen Erfolg garantieren. Unwillkürlich fragt man aber noch nach dem eigentlichsten Regulierungsmittel: der Regelung des Abflusses, das bei der Loire mit Rücksicht auf das arge Mißverhältnis zwischen Nieder- und Hochwassermenge derselben wohl als das geeignetste erscheinen würde.“

Wir sehen, unsere Erfahrungen im Flußbau reichen nicht aus zur sicheren Beurteilung der Vorschläge und Ergebnisse von technischen Maßnahmen. Nur zu gut wissen wir, daß in besonderen Fällen „die richtige Lösung erst nach einer, von vielen Mißerfolgen

begleiteten Erfahrung zu finden möglich war“; daher unterschätzen wir keineswegs die durch unmittelbare, sorgsame Beobachtung zu erwerbende Kenntnis der Tatsachen, die allein grundlegend für ein richtiges Urteil sein kann. Unsere Tätigkeit muß zum größten Teil in der Beobachtung, der eigentlichen Grundlage unseres Wirkens und Könnens, bestehen. Um als wissenschaftliche Beobachtung gelten zu können, muß sie nach bestimmten Grundsätzen und Regeln erfolgen, also auf einem, durch den Zusammenhang der Erscheinungen bedingten Verfahren beruhen.

Wie nun die Erscheinungen in Wasserläufen zu beobachten sind, kann nur aus der Erforschung der Beobachtungsergebnisse und aus dem beabsichtigten Zwecke der Arbeiten gefolgert werden.

Wenn Regulierungsarbeiten, wie z. B. jene an der Loire lediglich als Versuchsbauten (Experimente) angesehen werden, so könnte man die Beobachtungen, die sich auf die Erscheinungen im natürlichen Flußlaufe erstrecken von jenen Beobachtungen für den künstlich hervorgerufenen Flußzustand — d. s. Versuche (Experimente) im großen — scheiden. Diesen letzteren schließen sich die „Versuche“ im kleinen (Laboratoriumversuche) an. In jedem Falle lernen wir aus Beobachtungen, beziehungsweise Versuchen und können den uns hierdurch gewiesenen Weg der Forschung nicht verlassen. Werden aber unsere Beobachtungen und Versuche methodisch durchgeführt, so erringen wir große Vorteile um die Erreichung unseres Zieles; denn sobald die methodische Beobachtung geeignet ist, sowohl beim natürlichen als künstlich veränderten Flußzustande den im Laufe der Zeit sich vollziehenden mannigfaltigen Wechsel der Erscheinungen festzulegen, so ist die Möglichkeit gegeben, von den getroffenen Anordnungen rechtzeitig abzugehen, sofern durch die Beobachtung bereits Anzeichen von Mißerfolgen zu erkennen sind.

Auch die Urteilskraft wird gestärkt und von größtem Werte muß es sein, wenn durch die rationelle Methode der Beobachtung künftige Vorgänge richtiger beurteilt werden und sogar ein Voraussehen derselben ermöglicht würde.

Hiermit wären unsere Bestrebungen dem Hauptziele der Wissenschaft zugewandt, das ja nach Wilhelm Ostwald darin liegt: „künftige Vorgänge vorausszusehen“, und alle Zweifel über die Richtigkeit und Zweckmäßigkeit unserer Tätigkeit ausgeschlossen.

Jede Förderung der methodischen Beobachtung fördert den Fortschritt im Flußbau und damit die Wohlfahrt im großen und

ganzen. Dadurch fließen unseren Arbeiten Geldmittel in reichlicherem Maße zu und diese ermöglichen wieder ausgedehntere Forschungen.

Vorläufig sind sie noch in ziemlich engen Grenzen gehalten und bedürfen einer besonderen Entfaltung, die auch erreichbar ist; denn die praktischen Messungen in Wasserläufen, insbesondere die Geschwindigkeitsmessungen, lassen eine Vollkommenheit erlangen, welche den darauf zu gründenden Untersuchungen volle Sicherheit verbürgt.

Von dem Bestreben geleitet, dem Studium im Flußbau festere Anhaltspunkte zu geben, habe ich auf Grund meiner vieljährigen Tätigkeit im praktischen Flußbau es für notwendig erkannt, die Erscheinungen in Wasserläufen zu untersuchen.

Meinen Arbeiten sind die Ergebnisse hydrometrischer Erhebungen zugrundegelegt und sie erstrecken sich auf mehrere, der Natur nach sehr verschiedene Wasserläufe.

Ausgewertet wurden bisher die hydrometrischen Erhebungen an der Donau nächst Wien im Jahre 1897, veröffentlicht vom k. k. hydrographischen Zentral-Bureau in Wien, dann am Inn*), an der Bezwa und Salza.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen lassen Beziehungen zwischen den einzelnen Erscheinungen erkennen, die geeignet sind, eine rationelle Methode der Beobachtung herbeizuführen.

Aus dem veröffentlichten „Beitrag zur Pulsation des Wassers mit Rücksicht auf den Flußbau“**), einem kleinen Teile meiner Untersuchungen, geht bereits hervor, daß die Ergebnisse der hydrometrischen Erhebungen, einzelne für sich allein genommen oder auch zusammengefaßt, nicht genügen, ein Verfahren einzuleiten, das eine methodische Beobachtung, der Eigentümlichkeit des bewegten Wassers entsprechend, ermöglichen würde.

Zum Beweise hierfür dient schon das Untersuchungsergebnis — die vorerwähnten „Untersuchungen über die Pulsation des Wassers“ als bekannt vorausgesetzt —, daß vom Unterschiede $v_g \max - v_g \min$ nicht auf den Unterschied $a_g \max - a_g \min$ geschlossen werden darf.

Dieser aus der Erforschung der Beobachtungsergebnisse gewonnene Grundsatz weckt Bedenken gegen die ausschließliche Anwendung der hydrometrischen Erhebungen zur Beobachtung.

*) Schmid J. Hydrologische Untersuchungen an den öffentlichen Flüssen im Königreiche Bayern. 1884.

**) Verlag „Leykam“, Graz, 1911.

Wie sehr diese Bedenken gerechtfertigt sind, geht auch aus meinen umfangreichen „Untersuchungen über den Zusammenhang der Erscheinungen in Wasserläufen“ hervor. In diesen ist z. B. nachgewiesen, daß in ein und derselben Lotrechten für die Einheit der Flußbreite bei steigendem Wasserstande die sekundliche Teilwassermenge **zunehmen**, jedoch deren „Arbeitsfähigkeit“ **abnehmen** kann.

So wurde im Meßprofil „Salza—Wildalpe“ für die Breiten-einheit zwischen den Wasserständen ∇_4 und ∇_5 für die Lotrechte II + 115 m

$$\frac{q_5}{q_4} = \frac{6.00 \text{ m}^3}{5.66 \text{ m}^3} > 1 \text{ und } \frac{a_5}{a_4} = \frac{15.34 \text{ PS}}{15.69 \text{ PS}} < 1,$$

jedoch zwischen den Wasserständen ∇_3 und ∇_4 für die Lotrechte II

$$\frac{q_4}{q_3} = \frac{a_4}{a_3} = 1.124 \text{ gefunden.}$$

Weiters ist im Meßquerschnitte I „Donau“ in den Lotrechten XIV + 3.97 m und XV + 1.52 m zwischen den Wasserständen ∇_1 und ∇_2

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{q_2}{q_1}$$

und in den Lotrechten V₂ und VI₁ + 23.34 m

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{q_2^3}{q_1^3},$$

und für, zwischen den Lotrechten V₂ und VI₁ + 23.34 m liegende

Lotrechten $\frac{a_2}{a_1} = 1$ und $\frac{q_2}{q_1} < 1$,

$$\text{und } \frac{a_2}{a_1} > 1 \text{ und } \frac{q_2}{q_1} = 1 \text{ u. s. w.}$$

Also dürfen wir nicht ohne weiteres von der Änderung der Teilwassermenge auf die der Arbeitsfähigkeit schließen.

Da das richtige Verfahren zur Beobachtung im Flußbau nicht allein durch hydrometrische Erhebungen erzielt werden kann, so ist es notwendig, solche Gesetze der Mechanik anzuwenden, die möglichst geringe Gegensätze zwischen Voraussetzung und Wirklichkeit verbürgen.

Daß sich das Energiegesetz hierzu am besten eignet, bedarf keiner weiteren Darlegung. Es dürfte genügen, darauf hinzuweisen, daß die Energie-Gleichung $a = \frac{mv^2}{2}$ von der Richtung der Bewegung vollkommen unabhängig ist.

Die Ergebnisse der hydrometrischen Erhebungen ermöglichen es, die Arbeitsfähigkeit (Energie) zu ermitteln, die in einer bestimmten Stelle des Meßquerschnittes, beziehungsweise an der Meßstelle im Wasserlaufe (Meßpunkt) abfließenden sekundlichen Teilwassermenge enthalten ist.

Wenn unsere Untersuchungen von den wirklichen Verhältnissen im Wasserlaufe ausgehen und die auf den ganzen Querschnitt sich beziehende Annahme $V_m = \frac{\sum u \Delta F}{F}$ deshalb, weil

V_m nur ein mathematischer Begriff ist, zurückweisen, so lernen wir die Unterschiede in der Arbeitsfähigkeit (Energie) der einzelnen, abfließenden, benachbarten oder nicht benachbarten Teilwassermengen, wie es die Umstände fordern, kennen und wissen gegebenen Falles, wie die „Arbeitsfähigkeit“ (kurz ausgedrückt) im Wasserlaufe **verteilt** ist.

Weil im Flußbau die Arbeitsfähigkeit des abfließenden Wassers, deren Veränderung von jeder Unregelmäßigkeit in der Gestaltung des Wasserlaufbettes, seiner Bodenbeschaffenheit und Wasserführung abhängt, in bestimmten Grenzen zu halten ist, insoferne unter Mithilfe des Wasserlaufes unser Ziel erreicht werden soll, was aus wirtschaftlichen Gründen anzustreben ist, müssen wir aus den darauf Rücksicht nehmenden Untersuchungen Ergebnisse zu gewinnen trachten, die zu einer rationellen Methode der Beobachtung im Flußbau führen.

Auf Grund meiner Erfahrungen im Flußbau habe ich mich entschlossen, derartige umfangreiche Untersuchungen durchzuführen. Weil mir dies als der einzig richtige Weg erschien, um über die Schwierigkeiten im Flußbau, die jeder kennt, hinwegzukommen, glaube ich, diese Untersuchungen und ihre Ergebnisse der Öffentlichkeit nicht vorenthalten zu sollen.

Aus den folgenden Angaben ist der Umfang der Untersuchungen zu erkennen, sowie auch der Untersuchungsgang, der angibt, wie allmählich der Zusammenhang der Erscheinungen festzustellen möglich wurde und zu einer analytischen Behandlung bestimmter Größen führte, die einen sicheren Weg für die rationelle methodische Beobachtung im Flußbau zu weisen vermag.

Im V. Abschnitte der „Untersuchungen über den Zusammenhang der Erscheinungen auf Grund hydrometrischer Erhebungen“*) werden die Ergebnisse der Untersuchungen unter folgenden Titeln behandelt, und zwar:

*) Diese umfangreiche Arbeit soll demnächst in Druck gelegt werden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen:

1. Abteilung:

Die Geschwindigkeitskurven in den Lotrechten des Meßprofils.

2. Abteilung:

Die Kurven gleicher Geschwindigkeit (Isotachen) und die Ortskurven für v_{max} und v_m in den Messungsquerschnitten.

3. Abteilung:

Die Kurven v_m , v_s , v_o , v_{max} , dann $\frac{v_s}{v_m}$ und $\frac{v_m}{v_o}$ im Querschnitte (Meßprofil).

4. Abteilung:

Die Verteilung der Wassermenge entlang der Spiegelbreite und in den Lotrechten im Querschnitte (die Kurven q , Sq und die Vertikalgeschwindigkeitskurven).

5. Abteilung:

Die Verteilung der in einem Wasserlaufe in einem bestimmten Querschnitte in der Zeiteinheit innewohnenden Arbeitsfähigkeit nach der Spiegelbreite und in den Lotrechten (Kurven a), sowie im Querschnitte überhaupt (Zonen gleicher Arbeitsfähigkeit), Kurve Sa .

6. Abteilung:

Das Verhalten der mittleren Geschwindigkeit, beziehungsweise der Arbeitsfähigkeit für die Einheit der Breite (infolge Wasserstandswechsel) bei verschiedenen Tiefen:

Exponentialkurve η , beziehungsweise $3\eta+1$;
das Verhalten der Arbeitsfähigkeit bei (infolge Wasserstandswechsel) verschiedenen Teilwassermengen für die Einheit der Breite:

Exponentialkurve q und

bei verschiedenen mittleren Geschwindigkeiten:

Exponentialkurve $\frac{3\eta+1}{\eta}$;

das Verhalten der Teilwassermengen bei (infolge Wasserstandswechsel) verschiedenen Tiefen für die Einheit der Breite:

Exponentialkurve $\eta+1$ und
bei verschiedenen mittleren Geschwindigkeiten:

$$\text{Exponentialkurve } \frac{\eta+1}{\eta};$$

das Verhalten der Summen der Teilarbeitsfähigkeit zu den Summen der Teilwassermengen im Querschnitte bei wechselnden Wasserständen:

$$\text{Exponentialkurve } \sigma;$$

die Exponentialwerte χ und ψ als Maß des Einflusses der Geschwindigkeiten und Tiefen auf die Änderung der Arbeitsfähigkeit für die Einheit der Breite infolge Wasserstandswechsel oder zwischen je zwei Lotrechten ein und desselben Wasserstandes.

Schließlich die Exponentialwerte η , φ , $3\eta+1$, $\frac{3\eta+1}{\eta}$, $\eta+1$, $\frac{\eta+1}{\eta}$, für je zwei Lotrechte für die Einheit in der Spiegelbreite eines bestimmten Wasserstandes.

7. Abteilung:

Arbeitsfähigkeit und Schwerkraftskomponente der sekundlichen Teilwassermenge für die Breitereinheit im Querschnitte. Schubkraft (Schleppkraft).

Wir wollen uns nun der Arbeit unterziehen, die aus unseren Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse nur soweit auszuwerten, als es notwendig ist, um Grundlagen für eine wissenschaftliche Beobachtung im Flußbau zu schaffen.

Zu diesem Zwecke müssen wir einen Einblick in die Untersuchungen nehmen, daher soll im folgenden für einen Wasserlauf, und zwar für den „Wiener Donaukanal“ gezeigt werden, wie die Untersuchungsergebnisse gewonnen worden sind.

Hervorzuheben ist, daß diese Arbeit in den „Untersuchungen über den Zusammenhang der Erscheinungen in Wasserläufen“ nicht durchgeführt, daher als selbständige Untersuchung anzusehen ist.

Wir behandeln demnach:

Die Ergebnisse der Untersuchungen für den Wiener
Donaukanal.

Bevor in den Gegenstand eingegangen wird, ist die Bedeutung einzelner Buchstaben anzugeben. Die in der 1. bis 3. Abteilung der

„Untersuchungen“ vorkommenden Buchstaben v_m , v_s , v_o u. s. w. bedürfen keiner weiteren Erläuterung, auch q nicht; aber es bedeuten:

- Sf Kurve für die Summen der Teilflächen im Querschnitte;
- Sq Kurve für die Summen der Teilabflußmengen $p. S.$ im Querschnitte;
- a Teilarbeitsfähigkeit in einer Sekunde in Brutto-Pferdestärken $= \frac{1}{2} m. v_m^2 \cdot \frac{1}{75}$ PS;
- A Arbeitsfähigkeit des Wasserlaufes im Meßquerschnitte während einer Sekunde in Brutto-Pferdestärken $= \frac{1}{2} M. V_m^2 \cdot \frac{1}{75}$ PS;
- Sa Kurve für die Summen der Teilarbeitsfähigkeit in einer Sekunde im Querschnitte;
- S Schubkraft (Schleppkraft),
Stoßkraft auf $1 m^2$ Grundfläche } $= 1000 t J$;
die Bedeutung der übrigen Buchstaben ist schon aus den zuvor gemachten Angaben über den Umfang der Untersuchungen zu entnehmen.

Bekannt ist, daß die Kurve q entlang der Spiegelbreite mit der Grundlinie (LL) eine Fläche begrenzt, die die Abflußmenge $Q m^3 p. S.$ für den Meßquerschnitt darstellt. Ebenso begrenzt die Kurve a mit dieser Grundlinie eine Fläche; diese stellt die Arbeitsfähigkeit vor, die in der zuvor erwähnten Abflußmenge enthalten ist. Demnach erkennen wir die über die Einheit der Grundlinie LL aufstehende, von den beiden Ordinaten und einem Kurvenstücke begrenzte Fläche als „Teilarbeitsfähigkeit“, die in der zugehörigen Breitereinheit des Querschnittes (also im Teilquerschnitte) abfließenden Teilwassermenge $p. S.$ innewohnt.

Aber auch nach der Tiefe vermögen wir für jede Geschwindigkeitsfläche eine entsprechende Fläche der Arbeitsfähigkeit anzugeben, welche wieder in Teilarbeitsfähigkeiten zerlegbar ist.

Weil nun die Geschwindigkeitsfläche für die einzelne Lotrechte auch durch $f = v_m \times t$ ausgedrückt werden kann, so werden sich im einzelnen Falle für die Verteilung der Arbeitsfähigkeit im lotrechten und auch wagrechten Sinne zwei Kurven a ergeben, die wir mit a und a' bezeichnen.

Zu erwähnen ist noch, daß die Querschnittsformen des Donaukanales in der Querschnittstypen I mit annähernd geradliniger Sohle und steilen Seitenwänden (Trapezform) eingereicht wurden.

Nunmehr gehen wir auf die Ergebnisse der Untersuchungen für den Meßquerschnitt $km\ 2\cdot05$ des Wiener Donaukanales ein.

Graphische Darstellung auf beiliegender Tafel.

1. Abteilung:

Die Geschwindigkeitskurven in den Lotrechten des Meßprofiles.

Zum besseren Vergleiche ist die rechte Querschnittshälfte gleich in der Darstellung des linken Teiles (L. U.) ersichtlich gemacht.

Für sämtliche Lotrechten I bis IX, von welchen die Lotrechte III dem linken Uferfuß und die Lotrechte VIII dem rechten zunächst liegen, sind „ausgeglichene“ Geschwindigkeitskurven gezeichnet und diese mit den den Untersuchungen zugrunde gelegten „Normaltypen der Geschwindigkeitskurven“, auf deren Erläuterung jedoch hier nicht weiter eingegangen wird, in Beziehung gebracht.

Die an den Uferböschungen angeordneten Lotrechten I, II, VIII und IX weisen, mit Ausnahme II, Geschwindigkeitskurven auf, welche nach der Normaltype IV verlaufen, während die Geschwindigkeitskurven der im Bereiche der „Sohle“ angeordneten Lotrechten III bis VII die Normaltypen IV und V in durchwegs schön verlaufenden Linien enthalten. Wir bemerken, daß die Kombinationen der Typen IV und V sich in den für die Lotrechten III und VII (d. s. die in der Flußsohle den Böschungsfüßen zunächst angeordneten Lotrechten) ermittelten Geschwindigkeitskurven insofern wesentlich von den übrigen unterscheiden, als für diese Lotrechten III und VII das die Type V enthaltende Kurvenstück auffallend länger ist, wie bei den anderen Geschwindigkeitskurven; d. h. v_{max} liegt im Bereiche des Uferfußes bedeutend tiefer als flußeinwärts und uferseits.

Weiters ergibt sich, daß die im Bereiche des Uferfußes erhobenen beziehungsweise durch Messungen ermittelten Geschwindigkeitskurven nicht so gestreckt verlaufen, als jene Geschwindigkeitskurven, welche zu den Meßlotrechten flußeinwärts und uferseits des Böschungsfußes gehören.

Zur Bekräftigung der zeichnerischen Darstellung dürfte es genügen, auf die Unterschiede in dem Verhältnisse $v_0:v_{max}$, beziehungsweise $v_s:v_{max}$ hinzuweisen.

Z. B. für die Lotrechte III ergibt sich:

$$\frac{v_o}{v_{max}} = 0.93 \text{ und } \frac{v_s}{v_{max}} = 0.46$$

und für die Lotrechte IV:

$$\frac{v_o}{v_{max}} = 0.98 \text{ und } \frac{v_s}{v_{max}} = 0.58,$$

wobei die zugehörigen Tiefen keinen nennenswerten Unterschied zeigen.

2. Abteilung.

Die Kurven gleicher Geschwindigkeit (Isotachen) und die Ortskurven v_{max} und v_m in den Meßquerschnitten.

Die gemeinsame Darstellung beider Querschnittshälften im linken Teile (L. U.) läßt die Unterschiede der Böschungsneigungen beim linken und rechten Ufer, in der Sohlenlage und im Verlaufe der gleichwertigen Isotachen sofort erkennen.

Wir sehen, daß das linke Ufer steiler geböschet ist und daselbst der Böschungsfuß tiefer als beim rechten Ufer liegt, weiters, daß die „ausgleichende“ Böschungslinie bei beiden Ufern konvex zum Wasserspiegel und die Sohle ziemlich eben ist.

Die Isotachen verlaufen gegen die Sohle hin flach, gegen das Ufer konvex und sind im Querschnittsteile im Bereiche des Böschungsfußes besonders stark flüßeinwärts zurückgebogen, d. h. die Ortskurve für v_{max} senkt sich gegen den Böschungsfuß am tiefsten. Da diese Ortskurve nächst dem linken Uferrand schon bei Punkt IX und rechts erst bei VIII in den Wasserspiegel tritt, so breitet sich die Ortskurve für v_{max} bei der steileren Uferböschung weit mehr gegen den Uferrand aus als beim rechten Ufer, dessen Böschungsform den beim linken Ufer vorhandenen schroffen Übergang von Uferböschung zur Sohle wesentlich abmildert. Der linken Uferböschung nähert sich z. B. die Isotache $u = 1.0 \text{ m}$ auf die kürzeste Entfernung von 1.05 m , während vom rechten Ufer diese Isotache 1.45 m absteht und 7.70 m vom rechten Wasserspiegelrand den Wasserspiegel trifft, links jedoch die Isotache $v_o = 1.0 \text{ m}$ nur 5.2 m vom Wasserrand absteht.

Diese Andeutungen genügen, um die tatsächlichen Unterschiede im Verlaufe der Isotachen im Bereiche der beiden Uferböschungen und in den davon flüßeinwärts gelegenen Querschnittsteilen zu kennzeichnen. (Wir können mit Hilfe der Isotachen das Verhältnis der

„Arbeitsfähigkeit“ an verschiedenen Stellen des Querschnittes für sehr kleine Teilquerschnitte z. B. $f = 0.2 \times 0.2 = 0.04 \text{ m}^2$ bestimmen. Dann aber verstehen wir unter Isotachen nicht nur „Kurven gleicher Geschwindigkeit“, sondern auch „Mittellinien von Zonen gleicher Arbeitsfähigkeit“ und auch „Mittellinien von Zonen gleicher Teilwassermenge“.)

3. Abteilung:

Die Kurven v_m, v_s, v_o, v_{max} , dann $\frac{v_s}{v_m}$ und $\frac{v_m}{v_o}$ im Querschnitte.

Die Kurve v_m in beiden Querschnittshälften verläuft ansteigend bis zur Flußmitte ohne Wellen und zeigt nur im Bereiche des linken, steileren und tieferen Böschungsfußes eine Überhöhung, während bei der Kurve v_{mr} eine solche nur sehr schwach zum Ausdrucke kommt, so daß in der Lotrechten des Böschungsfußes beim rechten Ufer $v_{mr} = 1.0 \text{ m}$, in jener des linken Ufers $v_{ml} = 1.05 \text{ m}$ und in der Flußmitte $v_m = 1.45 \text{ m}$ gemessen werden kann. Weil nun der Böschungsfuß beim rechten Ufer merklich näher der Flußmitte liegt, als jener beim linken Ufer, so steigt, da die zugehörigen $v_{ml} \doteq v_{mr}$ sind, die Kurve v_{ml} schwächer gegen die Flußmitte an, als die Kurve v_{mr} . Die größere Wassertiefe entlang der linken Uferböschung und die daselbst schärfer ausgeprägte Ecke beim Uferfuß gegenüber dieser Verhältnisse beim rechten Ufer spiegelt sich in dem Verlauf von v_m wieder, indem für die einzelnen Lotrechten der linken Uferböschung die absoluten Unterschiede $v_{ml} - v_{mr}$ sehr bedeutende sind; z. B. in II ist $v_{ml} - v_{mr} = 0.33 \text{ m}$, in III nur mehr $\doteq 0.20 \text{ m}$, wobei aber v_{max} in III etwas mehr als doppelt so groß wie in II ist: also in II beträgt der Unterschied $v_{ml} - v_{mr}$ näherungsweise 72 von Hundert (in bezug auf v_{mr}) und in III nur 20 von Hundert u. s. w.

Die Kurven v_s senken und die Kurven v_o überhöhen sich im Bereiche des Böschungsfußes, wobei die Kurve v_s in schwacher Welle verläuft, was bei v_o nicht zu sehen ist. Die Kurve v_{max} erstreckt sich kappenartig über v_o im Bereiche des Böschungsfußes.

Durchwegs ist $v_{sl} > v_{sr}$, größtenteils $v_{ml} > v_{mr}$, $v_{ol} > v_{or}$, es sind aber auch die Tiefen $t_l > t_r$ und es ist bei gleicher $\frac{B}{2}$ die Sohlenbreite im linken Querschnittsteil größer als im rechten.

Trotz dieser Verschiedenheiten ist in dem Teile der Spiegelbreite von III bis Flußmitte der Verlauf der Kurven $\frac{v_m}{v_o}$ ein gleichartiger: die beiden Kurven $\frac{v_{ml}}{v_{ol}}$ und $\frac{v_{mr}}{v_{or}}$ fallen nahezu zusammen.

Im Bereiche der Uferböschung weichen sie voneinander ab, ebenso wie die Kurven $\frac{v_{sl}}{v_{ml}}$ und $\frac{v_{sr}}{v_{mr}}$, welche daselbst jedoch bedeutender auseinandergehen.

Nach den obigen Betrachtungen und Ergebnissen kann der Verlauf nicht anders sein:

Entlang der Sohlenbreite verlaufen die Kurven $\frac{v_{sl}}{v_{ml}}$ und $\frac{v_{sr}}{v_{mr}}$ so ziemlich gleichartig, jedoch in der Mitte der Querschnittshälfte mit am meisten abweichenden Ordinaten. Auch hier ist aus dem Verlaufe der Kurven $\frac{v_s}{v_m}$ und $\frac{v_m}{v_o}$ zu entnehmen, daß die Gestalt der Vertikalgeschwindigkeitskurven im Bereiche des Böschungfußes, insbesondere wegen der tiefen Lage der Kurve $\frac{v_s}{v_m}$, namentlich in dem unteren Teile (nächst des Flußgrundes) verschieden sein muß von der Gestalt der Vertikalgeschwindigkeitskurven in den übrigen Lotrechten gegen die Flußmitte hin. Der schwachen Wölbung der Kurve $\frac{v_m}{v_o}$ und der tiefen Senkung $\frac{v_s}{v_m}$ im Bereiche des Böschungfußes entspricht auch eine Senkung der Ortskurve für v_{max} im Querschnitte; sowie auch bei der Annäherung der Kurven $\frac{v_{ml}}{v_{mo}}$ und $\frac{v_{sl}}{v_{ml}}$ bei der Lotrechten IV ein Ansteigen der Ortskurve für v_{max} gegen ∇ zu sehen ist. Die Zunahme der Ordinatenwerte der Kurve $\frac{v_s}{v_m}$ von Lotrechte III, beziehungsweise VII gegen Lotrechte IV, beziehungsweise VI und die Abnahme der Ordinatenwerte der Kurve $\frac{v_m}{v_o}$ in dieser Teilbreite des Spiegels sagen uns, daß hier flußeinwärts vom Böschungfuß auf einen gewissen Breitenanteil die v_s und v_o im Verhältnisse zu v_m zunehmen.

Aus diesen Untersuchungen geht der Einfluß der Querschnittsgestalt auf den Verlauf der in Betracht gezogenen Kurven deutlich hervor.

4. Abteilung:

Die Verteilung der **Wassermenge** entlang der Spiegelbreite und in den Lotrechten im Querschnitte (die Kurven q , Sq und die Vertikalgeschwindigkeitskurven).

Der Verlauf der Kurven q_l und q_r zeigt an, wie das gleichmäßige Ansteigen der Kurven q im uferseitigen Querschnittsviertel gestört wird, wenn die Querschnittsform ein Trapez darstellt.

Die kappenartige Überhöhung der Kurven q_l und q_r im Bereiche des Böschungsfußes ist bei ein und demselben Wasserstand um so bedeutender, je steiler die Uferböschung und je schärfer der Übergang derselben zur Flußsohle ausgeprägt ist und je tiefer der Böschungsfuß im Vergleiche zur Sohlenlinie, beziehungsweise zum Wasserspiegel liegt.

Dieses beweisen die aus den Untersuchungen gewonnenen Maßzahlen der Teilwassermengen in den einzelnen Tiefen, und zwar:

1. linke Querschnittshälfte:

Es verhält sich

$$q_l \text{ Böschungsfuß} : q_{\text{Mitte}} = 4.42 : 6.02 = \mathbf{1 : 1.36}$$

$$q_l \text{ links von der Lotrechten III} : q_{\text{Mitte}} = 5.02 : 6.02 = \mathbf{1 : 1.2}$$

2. rechte Querschnittshälfte:

$$q_r \text{ Böschungsfuß} : q_{\text{Mitte}} = 3.80 : 6.02 = \mathbf{1 : 1.58}$$

$$q_r \text{ rechts von der Lotrechten VIII} : q_{\text{Mitte}} = 2.7 : 6.02 = \mathbf{1 : 2.23}$$

und weiters 3.:

$$q_r \text{ nächst VIII} : q_l \text{ im Böschungsfuß} = 2.7 : 4.42 = \mathbf{1 : 1.64}$$

$$q_r \text{ im Böschungsfuß} : q_l \text{ nächst Lotrechte III} = 3.80 : 5.02 = \mathbf{1 : 1.32}$$

Beizufügen ist, daß die Tiefe im linken Böschungsfuß $t_l = 4.25 \text{ m}$ und im rechten Böschungsfuß $t_r = 4.08 \text{ m}$, also $t_l > t_r$ ist, und der rechte Böschungsfuß vom Wasserrand um 1.92 m weiter absteht als der linke Böschungsfuß.

Denken wir uns im rechten Querschnittsviertel die Tiefe in der Lotrechten III um etwa 1.58 m vermindert, so dürfte sich annähernd der schalenförmige Querschnitt ergeben.

Für diesen Fall verhält sich:

$$q_r \text{ (III)} : q_{\text{Mitte}} = [1 \times (4.08 - 1.58)] : 6.02 = \mathbf{1 : 2.4},$$

während hier für den linken Querschnittsteil

$$q_l \text{ links von der Lotrechten III} : q_{\text{Mitte}} = \mathbf{1 : 1.2}$$

ermittelt ist.

Daß von der im ganzen Querschnitte abfließenden Wassermenge

$$Q = F \cdot V_m = 209 \cdot 0 \text{ m}^3/\text{sec}$$

der größere Teil in der linken Querschnittshälfte abfließt, ist ohneweiters aus den Darstellungen ersichtlich (daher die Kurven S_f und S_q nicht dargestellt wurden), und es gibt die von den beiden Kurven q_l und q_r eingeschlossene Fläche den Unterschied der beiden Teilwassermengen an.

Der größte Abstand der beiden Kurven befindet sich im Bereiche des linken Böschungfußes, und zwar beträgt:

$$q_l \quad \text{---} \quad q_r \quad = \quad 4 \cdot 42 \quad \text{---} \quad 2 \cdot 70 \quad = \quad 1 \cdot 72 \text{ m}^3$$

linker Böschungfuß linker Böschungfuß

Nach den Ergebnissen der bisherigen Untersuchungen ist erwiesen, daß die Form des Querschnittes einen **maßgebenden** Einfluß auf die Verteilung der Wassermenge entlang der Spiegelbreite ausübt.

Die weiteren Untersuchungen aber lehren, wie auffallend in Wirklichkeit die geringste Änderung in der Form des Querschnittes die Verteilung der Wassermenge beeinflusst.

Über die Verteilung der Wassermenge in den Lotrechten geben die Vertikalgeschwindigkeitskurven, die Isotachen und die Ortskurve für v_{max} im Querschnitte genauen Aufschluß.

Nach den Untersuchungen in Abteilung 1 und Abteilung 2 ist der Verlauf der erwähnten Kurven gekennzeichnet und erwiesen, daß die Verteilung der Wassermenge in lotrechter Richtung im Bereiche des Böschungfußes wesentlich von jener in den übrigen Teilflächen verschieden ist.

Es werden z. B. die Teilwassermengen ($f.u$) an der Oberfläche und etwa 1·10 m unter derselben in der Lotrechten III und V nicht im selben Verhältnisse stehen, weil schon die Ortskurve für v_{max} im linken Querschnittsteile in der Lotrechten III bedeutend tiefer unter dem Wasserspiegel als in V liegt.

In III: links

$$q_0 : q_{1 \cdot 10 \text{ m unter } \nabla} = 1 \cdot 27 : 1 \cdot 40 = 1 : 1 \cdot 1$$

für die „ausgeglichene“ Vertikalgeschwindigkeitskurve,

$$= 1 \cdot 27 : 1 \cdot 35 = 1 : 1 \cdot 06$$

für die „unausgeglichene“ Vertikalgeschwindigkeitskurve.

In V: links

$$q_0 : q_{1 \cdot 10 \text{ m unter } \nabla} = 1 \cdot 62 : 1 \cdot 61 = 1 : 1$$

für beide Vertikalgeschwindigkeitskurven.

Als weiteres Beispiel werden die Verhältnisse der Teilwassermengen in diesen Lotrechten in der Tiefe von 2·30 m und 3·80 m unter dem Wasserspiegel wie folgt angegeben:

In III:

$q_{2\cdot30\text{ m}} \text{ unter } \nabla : q_{3\cdot80\text{ m}} \text{ unter } \nabla = 1\cdot32 : 0\cdot81 = \mathbf{1\cdot63 : 1}$
(nach der u ausgeglichenen Vertikalgeschwindigkeitskurve).

In V:

$q_{2\cdot30\text{ m}} \text{ unter } \nabla : q_{3\cdot80\text{ m}} \text{ unter } \nabla = 1\cdot49 : 1\cdot10 = \mathbf{1\cdot35 : 1}$.

Der auffallende Unterschied in diesem Verhältnisse ist durch den Verlauf der betreffenden Vertikalgeschwindigkeitskurven gekennzeichnet. In III ist diese Kurve gegen die Flußsohle stärker zurückgebogen, als jene in V.

5. Abteilung:

Die **Verteilung** der in einem Wasserlaufe in einem bestimmten Querschnitte in der Zeiteinheit innewohnenden **Arbeitsfähigkeit** nach der Spiegelbreite und in den Lotrechten (Kurve *a*), sowie im Querschnitte überhaupt (Zonen gleicher Arbeitsfähigkeit).

Der Verlauf der Kurve *a* entlang der Spiegelbreite ist bedingt durch die für die Breitereinheit sich ergebenden Ordinatenwerte $a = c \cdot t \cdot v^3_m$ in PS (sekundliche Arbeitsfähigkeit des fließenden Wassers in Brutto-Pferdestärken), worin bekanntlich *c* eine Constante (gleich $\frac{1000}{2\cdot9\cdot81\cdot75} = 0\cdot68$) darstellt.

Zu bemerken ist, daß die von dem Wasserspiegel und der Isotache $u = 1\text{ m}$ eingeschlossene Fläche im Querschnitte, eine Art Teilfläche, mit *f* bezeichnet wird; sie umfaßt alle jene „Zonen gleicher Teilwassermenge“, deren Teilwassermengen mit $u > 1$ bewegt sind.

Bekanntlich setzt diese trapezförmige Querschnittstype I eine sanfte Überführung der Böschungslinie in die Sohlenlinie nicht voraus, mithin ist hier ein gleichmäßiges Ansteigen der Kurve *a* vom Wasserrand flußeinwärts ausgeschlossen.

Auffällig ist, daß bei den Kurven q_l und q_r die kappenartigen Überhöhungen eigentlich unmittelbar über dem entsprechenden Böschungsfuße liegen, während die Überhöhung in der Kurve a_l flußeinwärts des Böschungsfußes vorkommt, jedoch jene der Kurve a_r mit der der Kurve q_r übereinstimmt.

Diese Erscheinungen finden im folgenden ihre Begründung:

Die Untersuchungsergebnisse der 4. Abteilung dieses Abschnittes klären den Verlauf der Kurven q , also der Kurven $(t \times v_m)$, vollkommen auf: Je größer t und v_m ist, desto größer ist die betreffende Ordinate der Kurve q . Aber auch bei der Kurve a , also der Kurve $(c. t. v_m^3)$, gilt dieser Satz, jedoch mit der Einschränkung, daß bei den Werten von v_m zu beobachten ist, ob sie größer oder kleiner als 1 sind. Es ist bekannt: je weiter die Ordinate $v_m = 1$ in der Kurve v_m vom Wasserrande absteht, desto sanfter steigt die Kurve a an; z. B. beim linken Ufer beträgt dieser Abstand 6.4 m und beim rechten 9.32 m , das heißt die Kurve a_l wird steiler verlaufen als die Kurve a_r .

Da jedoch die horizontale Projektion der linken Uferböschung, also der wagrechte Abstand des linken Böschungsfußes, nur 7.0 m beträgt, so ist die Ordinate $v_{ml} = 1$ nur $(7.0 - 6.4) = 0.6\text{ m}$ von der Lotrechten des linken Böschungsfußes uferseits gelegen.

Es werden also bis auf diese Nähe der vorerwähnten Lotrechten die Ordinaten der Kurve $(c. t. v_m^3)$ auffallend kleine Werte geben und erst flußeinwärts davon auffallend große Werte, und zwar solange, als die Änderungen der Ordinate v_{ml} noch besonders nennenswerte Maßzahlen aufweisen, also etwa bis zur Lotrechten III.

Der rechte Böschungsfuß steht, wagrecht gemessen, etwa 8.92 m vom rechten Wasserrande ab, die Ordinate $v_{mr} = 1$ aber 9.32 m davon; bei dem sanfteren Ansteigen der Kurve a_r und mit Rücksicht darauf, daß die Änderungen der Ordinaten v_{mr} fast bis zur Flußmitte noch genügend große Maßzahlen ergeben und auch die Änderungen der Ordinate t_r bei der rechten Uferböschung im Bereiche des Böschungsfußes nicht so große Werte als bei der linken Böschung annehmen, verbleibt die Überhöhung bei der Kurve a_r annähernd in der Lotrechten des rechten Böschungsfußes.

Es ist sohin zweifellos, daß die **Form** des Querschnittes einen maßgebenden Einfluß auf die **Verteilung** der Arbeitsfähigkeit entlang der Spiegelbreite ausübt.

Nach beiliegender Tafel drängen dem linken steileren Ufer mit tieferem Böschungsfuße größere Geschwindigkeiten zu als dem rechten Ufer, mithin ist im Bereiche des linken Böschungsfußes eine größere Arbeitsfähigkeit für die Breiteneinheit vorhanden als für dieselbe Abszisse beim rechten Böschungsfuße; das Maß gibt die Untersuchung:

In der Lotrechten des linken Böschungsfußes ist zu messen: $a_l = 2.85$ PS und für dieselbe Abszisse von 7.0 m beim rechten Ufer: $a_r = 1.30$ PS; mithin verhält sich:

$$\underbrace{a_l}_{7.0 \text{ m vom linken Wasserrande}} : \underbrace{a_r}_{7.0 \text{ m vom rechten Wasserrande}} = 2.19 : 1.$$

In der Lotrechten des rechten Böschungsfußes, also im Abstände von 8.92 m vom rechten und linken Wasserrande ist:

$a_l = 4.70$ PS und $a_r = 2.65$ PS mithin:

$$\underbrace{a_l}_{8.92 \text{ m vom linken Wasserrande}} : \underbrace{a_r}_{8.92 \text{ m vom rechten Wasserrande}} = 1.77 : 1$$

In der Flußmitte ist für die Einheit der Breite: $a = 8.65$ PS.

Es verhält sich:

$$\underbrace{a_l}_{8.92 \text{ m vom linken Wasserrand}} : \underbrace{a}_{\text{Flußmitte}} = 4.70 : 8.65 = 1 : 1.84$$

$$\text{und } \underbrace{a_r}_{8.92 \text{ m vom rechten Wasserrand}} : \underbrace{a}_{\text{Flußmitte}} = 2.65 : 8.65 = 1 : 3.26,$$

woraus ebenfalls zu ersehen ist, daß die Kurve a auch flußeinwärts vom Böschungsfuße stärker ansteigt, während

$$\underbrace{q_l}_{8.92 \text{ m vom linken Wasserrand}} : \underbrace{q}_{\text{Flußmitte}} = 5.02 : 6.02 = 1 : 1.20$$

$$\text{und } \underbrace{q_r}_{8.92 \text{ m vom rechten Wasserrand}} : \underbrace{q}_{\text{Flußmitte}} = 3.80 : 6.02 = 1 : 1.58$$

sich verhält, wodurch das stärkere Ansteigen der Kurve a als jenes der Kurve q und somit auch der Unterschied im Verlaufe dieser beiden Kurven entlang der Sohlenlinie nachgewiesen ist.

Im folgenden sollen die Teilwassermengen mit der ihnen innewohnenden Arbeitsfähigkeit betrachtet werden:

In der Lotrechten des linken Böschungsfußes:

$$q_l : a_l = 4.42 : 2.85 = 1.55 : 1$$

$$q_r : a_r = 2.70 : 1.30 = 2.08 : 1$$

In der Lotrechten des rechten Böschungsfußes:

$$q_l : a_l = 5.02 : 4.70 = 1.07 : 1$$

$$q_r : a_r = 3.80 : 2.65 = 1.43 : 1$$

In der Flußmitte:

$$q_{l(r)} : a_{l(r)} = 6.02 : 8.62 = 1 : 1.44$$

Das Verhältnis $q : a$ schwankt in diesen Lotrechten zwischen $1 : 1.44$ und $2.08 : 1$, ist also durch einen Mittelwert nicht ersetzbar.

Um den Einfluß der Querschnittsform auf die Verteilung der Arbeitsfähigkeit im wagrechten Sinne auch noch weiters ersicht-

lich zu machen, wird im rechten Querschnittsteile die Tiefe nächst der Lotrechten III um etwa 1.58 m vermindert, wodurch ein sanfter Übergang von der Böschungslinie zur Sohlenlinie erreicht werden kann. Hiedurch liegen uns drei verschiedene Querschnittsformen vor.

Durch Verminderung der Tiefe nächst III ergibt sich, wenn $v_m = 1.0$ m ist:

$$a = 0.68 \times (4.08 - 1.58) \times 1.0^3 = 1.70 \text{ PS mithin:}$$

Annahme

$$a : a = 1.70 : 8.65 = 1 : 5.09.$$

Annahme Flußmitte

Die durch Verminderung der Tiefe nächst III sich ergebende Arbeitsfähigkeit $a = 1.70$ PS ist gegen $a_l = 4.70$ PS an dieser Stelle um 63.83 v. H. kleiner und gegen $a_r = 2.65$ PS um 35.85 v. H., wodurch der Einfluß der Querschnittsform auf die Verteilung von a zweifellos hervorgeht.

Es ist noch auf die Unterschiede in den Ordinaten der Kurven a_l und a'_l , beziehungsweise a_r und a'_r hinzuweisen, die nächst der Flußmitte am größten sind.

Wenden wir uns nun der Verteilung der Arbeitsfähigkeit im lotrechten Sinne zu.

Die Teilfläche f' reicht im linken Querschnittsteile nennenswert tiefer gegen die Sohle herab und ist auch der Böschung näher gerückt als im rechten Querschnittsteile.

Es zeigt sich wieder der Einfluß der Querschnittsform auf die Entwicklung der Teilfläche f' : Je sanfter der Übergang der Böschungslinie zur Sohlenlinie ausgeprägt ist, um so eher ist ein Abrücken der Teilfläche f' von diesen Umfangslinien zu erwarten.

Daß dies von wesentlicher Bedeutung ist, kann durch Beispiele erwiesen werden, u. zw.:

In der Lotrechten VIII wählen wir die Teilfläche $f = 0.2 \times 0.2 = 0.04$ m² mit ihrem Mittelpunkt 1.78 m unter ∇ gelegen, d. h. wir haben im linken und rechten Querschnittsteil eine kleine Teilfläche $f = 0.04$ m² bestimmt, welche in bezug auf den Wasserrand und Wasserspiegel gleich weit, beziehungsweise gleich tief gelegen ist. Zunächst sind die mittleren Geschwindigkeiten zu bestimmen, mit welchen das Wasser durch diese Teilfläche f fließt.

Im linken Querschnittsteil schneidet die Isotache $u_l = 1.10$ m die Lotrechte VIII im Abstände von 1.78 m vom ∇ , mithin ist hier

$v_{ml} = 1.10 \text{ m} = u_l$ und im rechten Querschnittsteil an derselben Stelle $v_{mr} = u_r = 0.76 \text{ m}$.

Sogleich erkennen wir: In der linken Querschnittshälfte liegt die erwähnte Teilfläche f in der gewissen Teilfläche f' und in der rechten Querschnittshälfte außerhalb derselben.

Es muß sich also ein großer Unterschied in der Arbeitsfähigkeit der durch diese Teilfläche $f = 0.04 \text{ m}^2$ fließenden Wassermenge ergeben, weil diese Teilflächen in den beiden verschiedenen durch die Isotache $u = 1.0 \text{ m}$ gebildeten Zonen liegen.

Es verhält sich in diesen Teilflächen $f = 0.04 \text{ m}^2$:

$$q_l : q_r = 0.04 \times 1.10 : 0.04 \times 0.76 = 1.45 : 1,$$

d. h. es fließt an dieser Stelle in der linken Querschnittshälfte fast um die Hälfte mehr Wasser pro Sekunde ab als in der rechten Querschnittshälfte.

Weiters ergibt sich für die diese Teilfläche $f = 0.04 \text{ m}^2$ durchfließende Teilwassermenge:

$$a_l : a_r = 0.68 \times 0.04 \times 1.1^3 : 0.68 \times 0.04 \times 0.76^3 = 0.036 \text{ PS} : 0.012 \text{ PS} = \mathbf{3:1},$$

wonach an diesen bestimmten Stellen im Querschnitte Meßprofil IV nächst der steileren Uferböschung und dem tieferen und scharf ausgeprägten Böschungsfuße eine dreifach größere Arbeitsfähigkeit im bewegten Wasser vorhanden ist als beim weniger steil geböschten rechten Ufer mit etwas seichter gelegenen Böschungsfuße und guter Überführung der Böschungslinie in die Sohlenlinie.

Ermitteln wir auch noch für diese Lotrechte VIII im Abstände von 0.10 m unter dem ∇ und 0.10 m über der rechten Böschungslinie dieses Verhältnis, u. zw.:

a) 0.10 m unter dem ∇ :

$$a_l : a_r = 0.68 \times 0.04 \times 1.12^3 : 0.68 \times 0.04 \times 0.86^3 = 0.038 \text{ PS} : 0.0176 \text{ PS} = \mathbf{2.2 : 1} \text{ und}$$

b) 0.10 m über der rechten Böschungslinie:

$$a_l : a_r = 0.68 \times 0.04 \times 0.75^3 : 0.68 \times 0.04 \times 0.43^3 = 0.0115 \text{ PS} : 0.00216 \text{ PS} = \mathbf{5.3 : 1},$$

so sehen wir, daß für gleichliegende Teilflächen $f = 0.04 \text{ m}^2$ für dieselbe Lotrechte im Querschnitte diese Verhältnisse nicht konstant sind. Da nächst der Flußmitte der Unterschied $f'_l - f'_r$ dem Werte Null sich nähert und in der Flußmitte ihn selbst auch erreicht, so wird in der Flußmitte das Verhältnis $a_l : a_r = 1 : 1$ und unmittelbar nächst der Flußmitte auch wenig davon verschieden sein. Damit

muß nicht gesagt sein, daß an anderen Stellen der Querschnittshälften das Verhältnis $a_l : a_r$ nicht den Wert 1 : 1 erreichen kann:

Z. B. die Isotache 1·4 oder die Mittellinie für die Zone der Arbeitsfähigkeit von $a = (0·68 \times 0·04 \times 1·4^3)$ PS fällt in beiden Hälften zwischen Flußmitte und Lotrechte IV ganz nahe zusammen; weiters z. B. schneiden sich die Mittellinien für die Zone der Arbeitsfähigkeit $a = (0·68 \times 0·04 \times 1·5^3)$ PS für beide Querschnittshälften nächst der Lotrechten IV. An diesen Stellen ist ebenfalls $a_l : a_r = 1 : 1$. Im Bereiche des Böschungsfußes in beiden Querschnittshälften kommen jedoch „Mittellinien von Zonen gleicher Arbeitsfähigkeit“ nicht zum Schutte; mithin kann im Bereiche des Böschungsfußes $a_l : a_r$ **nicht** gleich 1 : 1 sein. Schließlich sollen noch folgende Verhältnisse bestimmt werden:

In der Lotrechten III, also für die linke Querschnittshälfte ($f = 0·04 \text{ m}^2$)

$$a \text{ Oberfläche} : a_{1·10 \text{ m unter } \nabla} = 1·27^3 : 1·40^3 \\ = 1 : 1·34 \text{ (für die ausgeglichene Vertikal-Geschwindigkeitskurve)}$$

und a Oberfläche : $a_{1·10 \text{ m unter } \nabla} = 1·27^3 : 1·35^3 \\ = 1 : 1·20 \text{ (für die unausgeglichene Vertikal-Geschwindigkeitskurve)}$

In der Lotrechten V (nächst der Flußmitte):

$$a_o : a_{1·10 \text{ m unter } \nabla} = 1·62^3 : 1·61^3 = 1·02 : 1$$

und weiters in der Lotrechten III ($f = 0·04 \text{ m}^2$):

$$a_{2·30 \text{ m unter } \nabla} : a_{3·80 \text{ m unter } \nabla} = 1·32^3 : 0·81^3 \text{ (für unausgeglichene Vertikal-Geschwindigkeitskurven)} \\ = 4·32 : 1$$

und in der Lotrechten V ($f = 0·04 \text{ m}^2$):

$$a_{2·30 \text{ m unter } \nabla} : a_{3·80 \text{ m unter } \nabla} = 1·49^3 : 1·10^3 = 2·48 : 1$$

Darnach ist der Verlauf der Kurven a für die beiden Lotrechten gekennzeichnet und für die Lotrechte III mußte sich das Verhältnis 4·32 : 1 als größtes ergeben, weil die Teilflächen 2·30 und 3·80 m unter ∇ in den beiden verschiedenen, durch die Isotache $u = 1·0 \text{ m}$ gebildeten Zonen liegen.

Der Verlauf der Kurven $\frac{v_{sl}}{v_{ml}}$ und $\frac{v_{sr}}{v_{mr}}$ und der Kurven $\frac{v_{ml}}{v_{ol}}$ und $\frac{v_{mr}}{v_{or}}$ zeigt an, daß in den beiden Querschnittshälften die „Arbeitsfähigkeit“ nächst Sohle und Wasserspiegel nicht gleichmäßig veränderlich ist und desgleichen das Verhältnis $a_s : a_o$. Für die Lotrechte VIII im linken Querschnittsteile ist:

0·10 m unter ∇ : $a_o = 0\cdot68 \times 0\cdot04 \times 1\cdot13^3 = 0\cdot039$ PS und
 0·10 m über der Sohle : $a_s = 0\cdot68 \times 0\cdot04 \times 0\cdot50^3 = 0\cdot0034$ PS, mithin :
 $a_s : a_o = 0\cdot0034 : 0\cdot039 = 1 : 11\cdot5$

und für die Lotrechte VII im linken Querschnittsteile :

0·10 m unter ∇ : $a_o = 0\cdot68 \times 0\cdot04 \times 1\cdot41^3 = 0\cdot076$ PS und
 0·10 m über der Sohle : $a_s = 0\cdot68 \times 0\cdot04 \times 0\cdot87^3 = 0\cdot018$ PS, also :
 $a_s : a_o = 0\cdot018 : 0\cdot076 = 1 : 4\cdot2$,

dann für die Lotrechte VIII im rechten Querschnittsteile ist :

0·10 m unter ∇ : $a_o = 0\cdot68 \times 0\cdot04 \times 0\cdot86^3 = 0\cdot0173$ PS und
 0·10 m über der Sohle : $a_s = 0\cdot68 \times 0\cdot04 \times 0\cdot43^3 = 0\cdot00216$ PS, also :
 $a_s : a_o = 0\cdot00216 : 0\cdot0173 = 1 : 8$

und für die Lotrechte VII im rechten Querschnittsteile :

0·10 m unter ∇ : $a_o = 0\cdot68 \times 0\cdot04 \times 1\cdot23^3 = 0\cdot051$ PS und
 0·10 m über der Sohle : $a_s = 0\cdot68 \times 0\cdot04 \times 0\cdot53^3 = 0\cdot00405$ PS, somit
 $a_s : a_o = 0\cdot00405 : 0\cdot051 = 1 : 12\cdot6$ usw.

(die Kurve S_a ist nicht eingezeichnet).

6. Abteilung :

Die Exponentialwerte η , q , $3\eta+1$, $\frac{3\eta+1}{\eta}$, $\eta+1$, $\frac{\eta+1}{\eta}$,
 sowie χ und ψ , — letztere als Maß des Einflusses der
 Geschwindigkeiten und Tiefen auf die Änderung der
 Arbeitsfähigkeit für die **Einheit der Breite** — für
 je zwei Lotrechte ein und desselben Wasserstandes.

In den „Untersuchungen über den Zusammenhang
 der Erscheinungen in Wasserläufen auf Grund hydro-
 metrischer Erhebungen“ sind die analytischen Eigen-
 schaften der angegebenen Exponentialkurven ausführlich nach-
 gewiesen.

Hier soll nur gesagt werden, daß die analytische Behandlung
 der Exponentialkurven erst durch Aufstellung von Beziehungen
 zwischen den Exponentialwerten η und q ermöglicht und dadurch
 die Grundlage für weitere, oben angegebene Exponentialwerte
 geschaffen worden ist.

Wenn die „**grundlegenden Werte**“

$$\frac{v_{m\ n+1}}{v_{m\ n}} = \mathfrak{B} \text{ und } \frac{t_{n+1}}{t_n} = \mathfrak{C}, \dots \dots \dots 1)$$

die die Quotienten zwischen den mittleren Geschwindigkeiten
 und den zugehörigen Tiefen bei zwei Wasserständen einer Lot-
 rechten oder für ein und denselben Wasserstand zwischen

je zwei Lotrechten darstellen, in Beziehung gebracht werden durch die Gleichung $\mathfrak{B} = \mathfrak{Z}'$, 1a) und die Quotienten

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} = \mathfrak{A} \text{ und } \frac{q_{n+1}}{q_n} = \mathfrak{Q} \text{ } 2)$$

durch die Gleichung $\mathfrak{A} = \mathfrak{Q}^f$, 2a)

so ergibt sich die Gleichung

$$3r + 1 = (r + 1)q \text{ } 5)$$

Dadurch sind die Beziehungen zwischen den Exponentialwerten r und q gefunden.

Es erscheint r als Funktion von den vier Veränderlichen v_{mn+1} , v_{mn} , t_{n+1} und t_n , beziehungsweise von zwei Veränderlichen: \mathfrak{B} und \mathfrak{Z} , und q als Funktion von den vier Veränderlichen a_{n+1} , a_n , q_{n+1} und q_n , beziehungsweise \mathfrak{A} und \mathfrak{Q} .

Unter der Voraussetzung von $\mathfrak{B} > 0$ und $\mathfrak{Z} > 0$ kann r als auch q alle positiven und negativen Werte von $+\infty$ bis $-\infty$ annehmen.

Obige Gleichung 5) läßt sich auch schreiben

$$q = 3 - \frac{2}{r + 1},$$

weilers $(r + 1)(3 - q) = 2$

oder $-(r + 1)(q - 3) = 2$ 5a)

Die Gleichung 5a) stellt aber die Gleichung einer gleichseitigen Hyperbel dar, wenn r als Abszissen und q als Ordinaten in einem rechtwinkligen Koordinatensystem angesehen werden, wobei die halbe große Axe = 2 ist und mit der Abszissenaxe einen Winkel von 135° einschließt und der Mittelpunkt der Hyperbel die Abszisse -1 und die Ordinate $+3$ hat.

Diese Feststellung genügt, um zu erkennen, daß die Relation zwischen den Exponentialwerten r und q vollkommen bestimmt ist.

Auf die Diskussion der Gleichung 5a) kann hier nicht eingegangen werden. Hervorzuheben wäre, daß für einigermaßen größere r der Wert q gegen Änderungen von r wenig empfindlich ist, denn für $r = +\infty$ und $r = -\infty$ wird $q = 3$. Weiters ergibt sich für $r = -1$, $q = \pm\infty$, mithin ist hier r wenig empfindlich für Änderungen von q u. s. w.

Die Gleichung 5a) gibt uns, indem sie die Eigenschaften einer gleichseitigen Hyperbel charakterisiert, ein sicheres, allgemein gültiges Mittel an die Hand, aus dem Verhalten der mittleren Geschwindigkeiten bei verschiedenen Tiefen ein und derselben Lotrechten bei

wechselndem Wasserstande oder von je zwei Lotrechten eines bestimmten Wasserstandes das Verhalten der „Teil-Arbeitsfähigkeit“ bei verschiedenen Teilwassermengen unmittelbar festzustellen. Es kommt also nur darauf an, die „grundlegenden Werte“ $\frac{v_{mn+1}}{v_{mn}}$ und $\frac{t_{n+1}}{t_n}$ mit Hilfe von Messungen zu bestimmen. Daß wir hierbei die mittlere Geschwindigkeit in der Meßlotrechten $v_m = \frac{f}{t}$ nur mit Hilfe von unausgeglichenen Vertikalgeschwindigkeitskurven zu ermitteln haben, geht aus dem Zwecke der Arbeit hervor, denn wir wollen nur die Geschwindigkeitsfläche nach dem tatsächlichen Verlaufe der Geschwindigkeitskurve kennen lernen, nicht aber schön verlaufende, „ausgeglichene“ Kurven als Vertikalgeschwindigkeitskurven darstellen.

Mithin benötigen wir genaue, der Ermittlung von v_m und t dienende Messungen, um Beobachtungsergebnisse nach bestimmten Gesetzen gewinnen zu können. Wie allgemein bekannt, sind solche Messungen bei der bereits hohen Entwicklung der Hydrometrie*) durchführbar und es bieten sich keine Hindernisse zur Beschaffung jener Werte, die als grundlegend für unsere Untersuchungen und Ergebnisse zu erkennen sind.

Zur Vermeidung von Irrtümern und völligen Klarstellung muß noch gesagt werden, daß die Gleichung 5) nur dann gültig ist, wenn die mittlere Geschwindigkeit für die Ermittlung des Wertes a in Betracht kommt, demnach der Wert a' vernachlässigt wird. Diese Voraussetzung weist uns an, in besonderen Fällen, die eine Vernachlässigung von a' gegen a ohne Beeinträchtigung des Wertes der Untersuchungen nicht zulassen, den Exponentialwert mit Hilfe der Formel $\frac{a'_{n+1}}{a'_n} = \left(\frac{q_{n+1}}{q_n}\right) \varphi'_{n, n+1}$ zu ermitteln.

Im folgenden geben wir eine Zusammenstellung der Exponentialwerte und Gleichungen, die in den Untersuchungen entwickelt und benutzt sind:

Exponentialwerte:

$$\text{I. } \gamma \quad \text{Ia) } \dots \frac{v_{mn+1}}{v_{mn}} = \left(\frac{t_{n+1}}{t_n}\right) \gamma \quad \text{Ib) } \gamma_i = \frac{\log \frac{v_{mn+1}}{v_{mn}}}{\log \frac{t_{n+1}}{t_n}}$$

*) Selbst das Gefälle ist nun mit Hilfe des von Ing. Wilhelm Reitz konstruierten Instrumentes scharf bestimmbar. (Das Instrument liefert Rudolf und August Rost, mathem.-mechan. Institut in Wien.)

$$\begin{array}{ll}
\text{II. } \varphi & \text{IIa) } \dots \frac{a_{n+1}}{a_n} = \left(\frac{q_{n+1}}{q_n} \right) \varphi \quad \text{IIb) } \varphi = \frac{\log \frac{a_{n+1}}{a_n}}{\log \frac{q_{n+1}}{q_n}} \\
\text{III. } 3\eta + 1 & \text{IIIa) } \dots \frac{a_{n+1}}{a_n} = \left(\frac{t_{n+1}}{t_n} \right)^{3\eta + 1} \\
\text{IV. } \eta + 1 & \text{IVa) } \dots \frac{q_{n+1}}{q_n} = \left(\frac{t_{n+1}}{t_n} \right)^{\eta + 1} \\
\text{V. } \frac{3\eta + 1}{\eta} & \text{Va) } \dots \frac{a_{n+1}}{a_n} = \left(\frac{v_{mn+1}}{v_{mn}} \right)^{\frac{3\eta + 1}{\eta}} \\
\text{VI. } \frac{\eta + 1}{\eta} & \text{VIa) } \dots \frac{q_{n+1}}{q_n} = \left(\frac{v_{mn+1}}{v_{mn}} \right)^{\frac{\eta + 1}{\eta}} \\
\text{VII. } 2\eta & \text{VIIa) } 3\eta + 1 - (\eta + 1) = 2\eta \\
\text{VIII. } 2 & \text{VIIIa) } \frac{3\eta + 1}{\eta} - \frac{\eta + 1}{\eta} = 2 \\
\text{IX. } Ca & = \frac{1}{2} \left\{ 3\eta + 1 + \frac{3\eta + 1}{\eta} \right\} \\
\text{X. } Cq & = \frac{1}{2} \left\{ \eta + 1 + \frac{\eta + 1}{\eta} \right\}; \quad \text{Xa) } Ca - Cq = \eta + 1 \\
\text{XI. } \chi & = \frac{3\eta}{3\eta + 1}; \quad \text{XIa) } \left(\frac{v_{mn+1}}{v_{mn}} \right)^3 = \left(\frac{a_{n+1}}{a_n} \right)^\chi; \quad \text{XIb) } \chi = \frac{\log \mathfrak{B}^3}{\log \mathfrak{A}} \\
\text{XII. } \psi & = \frac{1}{3\eta + 1}. \quad \text{XIIa) } \frac{t_{n+1}}{t_n} = \left(\frac{a_{n+1}}{a_n} \right)^\psi; \quad \text{XIIb) } \psi = \frac{\log \mathfrak{E}}{\log \mathfrak{A}}.
\end{array}$$

Definitionen und Gleichungen:

1. $\frac{v_{mn+1}}{v_{mn}} = \mathfrak{B}, \frac{t_{n+1}}{t_n} = \mathfrak{E}; \quad 1a) \mathfrak{B} = \mathfrak{E}^\eta;$
2. $\frac{a_{n+1}}{a_n} = \mathfrak{A}, \frac{q_{n+1}}{q_n} = \mathfrak{Q}; \quad 2a) \mathfrak{A} = \mathfrak{Q}^\varphi;$
3. $a_n = c \times t_n \times v_{mn}^3; \quad 3a) \mathfrak{A} = \mathfrak{E} \cdot \mathfrak{B}^3$
4. $q_n = t_n \times v_{mn}; \quad 4a) \mathfrak{Q} = \mathfrak{E} \cdot \mathfrak{B}$
5. $\varphi = \frac{3\eta + 1}{\eta + 1}$
6. $\eta = \frac{\varphi - 1}{3 - \varphi}$
7. $\mathfrak{E} : \mathfrak{B}^3 = 1 : n; \quad \left\{ \begin{array}{l} 7a) n = \frac{\mathfrak{B}^3}{\mathfrak{E}}, \mathfrak{E} = \frac{\mathfrak{B}^3}{n}, \mathfrak{B}^3 = n \cdot \mathfrak{E}, \mathfrak{B} = \sqrt[3]{n \cdot \mathfrak{E}} \\ 7b) \mathfrak{A} = n \mathfrak{E}^2 = \frac{1}{n} \mathfrak{B}^6 \end{array} \right.$

8. $\chi + \psi = 1$

9. $\frac{\chi}{\psi} = 3\eta$

10. $\chi - \psi = \frac{3\eta - 1}{3\eta + 1};$

10 a) $\frac{\mathfrak{B}^3}{\mathfrak{Z}} = n = \mathfrak{A}^{\chi - \psi}$
 $= \left(\frac{a_n + 1}{a_n}\right)^{\frac{3\eta - 1}{3\eta + 1}}$

11. $\frac{(-\chi)}{(-\chi) + (-\psi)} = \frac{|\chi|}{|\chi| + |\psi|} = \frac{3(-\eta)}{3(-\eta) + 1} = \frac{3|\eta|}{3|\eta| + 1} = \bar{\chi};$

11 a) $\frac{|\log \mathfrak{B}^3|}{|\log \mathfrak{A}|} = \bar{\chi}$

12. $\frac{|\psi|}{|\chi| + |\psi|} = \frac{1}{3|\eta| + 1} = \bar{\psi};$

12 a) $\frac{|\log \mathfrak{Z}|}{|\log \mathfrak{A}|} = \bar{\psi}.$

Anmerkung: Bei den Exponentialwerten η, ϱ usw. wurden die Zeiger der einfacheren Schreibweise wegen weggelassen, also η statt $\eta_n, n + 1$ usw.

Noch ausdrücklich zu erwähnen wäre, daß der durch die Gleichungen XIa) und XIIa) bestimmte Einfluß von \mathfrak{B} und \mathfrak{Z} auf $\frac{a_{n+1}}{a_n}$ nicht zu verwechseln ist mit dem Einfluß, den jeder dieser grundlegenden Werte für sich durch die Gleichungen Va) und IIIa) ausübt und der durch die Exponentialwerte

$\frac{3\eta + 1}{\eta} \dots \dots \dots V$

und $3\eta + 1 \dots \dots \dots III$

gemessen und durch $Ca = \frac{1}{2} \left\{ 3\eta + 1 + \frac{3\eta + 1}{\eta} \right\} \dots \dots IX$

mit den anderen verglichen wird. Hier ist Gleichheit, wenn $Ca = 4, \mathfrak{B} = \mathfrak{Z}$ und $\chi = \frac{3}{4}$ und $\psi = \frac{1}{4}$ ist.

Über den **Zusammenhang unserer Exponentialwerte mit η** haben wir noch folgendes anzuführen:

Für ein rechtwinkliges Koordinatensystem mit η als Abszissen und jedem der übrigen Exponentialwerte als Ordinaten sind

- a) die Exponentialwerte $3\eta + 1 \dots \dots \dots III$
- und $\eta + 1 \dots \dots \dots IV$

durch „gerade Linien“ und

$$\begin{aligned}
 \text{b) die Exponentialwerte } q &= \frac{3\eta + 1}{\eta + 1} \dots\dots\dots \text{II} \\
 y &= \frac{3\eta + 1}{\eta} \left. \vphantom{y} \right\} \dots\dots\dots \text{V} \\
 \text{oder } (y - 3)\eta &= 1 \\
 y &= \frac{\eta + 1}{\eta} \left. \vphantom{y} \right\} \dots\dots\dots \text{VI} \\
 \text{oder } (y - 1)\eta &= 1 \\
 \text{und } y &= \chi \dots\dots\dots \text{XI} \\
 y &= \psi \dots\dots\dots \text{XII}
 \end{aligned}$$

durch „Kurven“ dargestellt, alles gleichseitige Hyperbeln mit ähnlichem Verhalten.

In den „Untersuchungen über den Zusammenhang der Erscheinungen in Wasserläufen auf Grund hydrometrischer Erhebungen“ sind diese Kurven sowie auch die Wertezuordnung $\mathfrak{B} = \mathfrak{Z}'$, beziehungsweise $\mathfrak{A} = \mathfrak{Q}^f$ graphisch dargestellt.

Nicht zu vergessen ist die Proportion

$$\mathfrak{Z} : \mathfrak{B} = \frac{v_{mn}}{t_n} : \frac{v_{mn+1}}{t_{n+1}} \dots\dots\dots 13)$$

die ermöglicht, schon aus den Quotienten $\frac{v_{mn}}{t_n}$ und $\frac{v_{mn+1}}{t_{n+1}}$ auf ein bestimmtes Verhalten der Exponentialwerte zu schließen.

Wir dürfen demnach nicht unterlassen, auch diesen durch Messungsergebnisse zu gewinnenden Quotienten, sowie dem Quotienten

$$\frac{v_m}{t} = \frac{f}{t^2} \dots\dots\dots 14)$$

überhaupt unsere volle Aufmerksamkeit zuzuwenden (f = Geschwindigkeitsfläche).

Im Sinne unseres Vorhabens, den Untersuchungsgang zu zeigen, der uns aber auch Schritt für Schritt die Anwendung dieser Methode der Beobachtung zu erklären vermag, also in diese einführt, haben wir für den Donaukanal, Meßquerschnitt km 2·05 die Gleichungen der analytischen Behandlung der Exponentialwerte nunmehr anzuwenden.

Wir wollen die Lotrechten III und VII, die von der Mittenlotrechten V gleichweit, und zwar 15·00 m abstehen, in Betracht ziehen. Wie aus der graphischen Darstellung auf beigegebener Tafel

ersichtlich, sind diese beiden Lotrechten in annähernd gleichem Abstände von dem zugehörigen Böschungsfuße angeordnet.

Um die „grundlegenden Quotienten“ $\frac{v_{m III}}{v_{m VII}}$ und $\frac{t_{III}}{t_{VII}}$ zu bestimmen, sind Angaben aus den Messungsergebnissen notwendig, und zwar nach Tabelle 26 der betreffenden hydrometrischen Erhebungen:

1. Aufnahmewasserstand, Lotrechte III : + 4 *cm* und Lotrechte VII : + 8 *cm*;
2. Erhobene Tiefe, Lotrechte III : 4·12 *m* und Lotrechte VII : 4·11 *m*;
3. Ausmaß der Geschwindigkeitsfläche, Lotrechte III : 4·99 *m*² und Lotrechte VII : 4·54 *m*²; und
4. Mittlere Geschwindigkeit, Lotrechte III : 1·21 *m* und Lotrechte VII : 1·10 *m*.

Zu erwähnen ist, daß die Geschwindigkeitsfläche mit Hilfe von „ausgeglichenen“ Vertikal-Geschwindigkeitskurven ermittelt wurde; da jedoch in diesem Falle die „unausgeglichenen Vertikal-Geschwindigkeitskurven“ nicht zu auffallend von den „ausgeglichenen“ abweichen, sollen die Unterschiede zwischen den beiden Geschwindigkeitsflächen vernachlässigt werden. Strenge genommen, verwerten wir die hydrometrischen Ergebnisse von zwei Lotrechten nicht für ein und denselben Wasserstand (der wahre mittlere Messungswasserstand ist mit + 7 *cm* berechnet), sondern für zwei Wasserstände : $\nabla_1 = + 4$ *cm* und $\nabla_2 = + 8$ *cm*, mit dem Unterschiede von 4 *cm*.

Würden jedoch im folgenden die auf den wahren mittleren Messungswasserstand + 7 *cm* bezogenen Messungsergebnisse nach Tabelle 27 zur Auswertung gelangen, so wäre zu berücksichtigen:

1. Tiefe, Lotrechte III : 4·15 *m* und Lotrechte VII : 4·10 *m*;
2. Ausmaß der Geschwindigkeitsfläche, Lotrechte III : 5·031 *m*² und Lotrechte VII : 4·525 *m*²; und
3. Mittlere Geschwindigkeit, Lotrechte III : 1·21 *m* und Lotrechte VII : 1·10 *m*.

Der Vergleich der aus den Tabellen 26 und 27 entnommenen Messungsergebnisse zeigt, daß die mittleren Geschwindigkeiten vollkommen übereinstimmen, jedoch in den übrigen Werten immerhin solche Unterschiede vorhanden sind, die den „grundlegenden

Quotienten“ $\frac{t_{III}}{t_{VII}}$ verändern.

So ist nach Tabelle 26 und 27:

$$\frac{v_{m \text{ III}}}{v_{m \text{ VII}}} = \frac{1.21}{1.10} = 1.10000$$

und nach Tabelle 26:

$$\frac{t_{\text{III}}}{t_{\text{VII}}} = \frac{4.12}{4.11} = 1.00243$$

und nach Tabelle 27:

$$\frac{t_{\text{III}}}{t_{\text{VII}}} = \frac{4.15}{4.10} = 1.01220$$

} Unterschied
0.976 v. H.

Wenngleich dieser Unterschied kein besonders nennenswerter ist, wollen wir, um möglichst genaue Messungsergebnisse in Betracht zu ziehen, die nach Tabelle 26 auswerten.

Wir haben zuvor gefunden

$$\begin{aligned} \mathfrak{B} &= \frac{v_{m \text{ III}}}{v_{m \text{ VII}}} = \frac{1.21}{1.10} = 1.10000 \dots \dots \dots \left. \vphantom{\frac{v_{m \text{ III}}}{v_{m \text{ VII}}}} \right\} 1) \\ \text{und } \mathfrak{A} &= \frac{t_{\text{III}}}{t_{\text{VII}}} = \frac{4.12}{4.11} = 1.00243; \dots \dots \dots \left. \vphantom{\frac{t_{\text{III}}}{t_{\text{VII}}}} \right\} \end{aligned}$$

Weiters ist

$$\begin{aligned} \frac{v_{m \text{ III}}}{t_{\text{III}}} &= \frac{1.21}{4.12} = 0.294 \dots \dots \dots \left. \vphantom{\frac{v_{m \text{ III}}}{t_{\text{III}}}} \right\} 13) \\ \text{und } \frac{v_{m \text{ VII}}}{t_{\text{VII}}} &= \frac{1.10}{4.11} = 0.268, \dots \dots \dots \left. \vphantom{\frac{v_{m \text{ VII}}}{t_{\text{VII}}}} \right\} \end{aligned}$$

Demnach ergibt sich

$$1 < \mathfrak{A} < \mathfrak{B} > 1, \text{ daher } \eta > 1$$

und zwar nach Gleichung 1_b)

$$\eta = \frac{\log \frac{v_{m \text{ III}}}{v_{m \text{ VII}}}}{\log \frac{t_{\text{III}}}{t_{\text{VII}}}} = \frac{\log 1.10000}{\log 1.00243}$$

$$\eta = 39.27230$$

Benützen wir η zur Berechnung der übrigen Exponentialwerte, so ergibt sich

nach Gleichung 5) $\varphi = \frac{3\eta + 1}{\eta + 1} = 2.95034$

und nach Gleichung 3a) $\frac{a_{\text{III}}}{a_{\text{VII}}} = \mathfrak{A} \cdot \mathfrak{B}^3$
 $= 1.00243 \times 1.10000^3$
 $= 1.33423 ,$

mithin $a_{\text{III}} = 1.33423 \times a_{\text{VII}} .$

Dasselbe Ergebnis müssen wir nach Gleichung 2 a) erhalten

$$\mathfrak{A} = \Omega^\varphi$$

$$\begin{aligned} \frac{a_{III}}{a_{VII}} &= \left(\frac{q_{III}}{q_{VII}} \right)^\varphi = (\mathfrak{Z} \cdot \mathfrak{B})^\varphi \\ &= (1 \cdot 00243 \times 1 \cdot 10000)^{2 \cdot 95034} \\ &= 1 \cdot 33423 \end{aligned}$$

daher, wie vor

$$\begin{aligned} a_{III} &= 1 \cdot 33423 \times a_{VII} \text{ und} \\ q_{III} &= 1 \cdot 10267 \times q_{VII} . \end{aligned}$$

Ermitteln wir nunmehr nach Gleichung 3) den

$$\begin{aligned} \text{absoluten Wert } a_{VII} &= c \times t \times v_m^3 \\ &= 0 \cdot 68 \times 4 \cdot 11 \times 1 \cdot 1^3 \\ &= 3 \cdot 7199 \text{ PS,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{so ist } a_{III} &= 1 \cdot 33423 \times a_{VII} \\ &= 4 \cdot 9632 \text{ PS} = 0 \cdot 68 \times 4 \cdot 12 \times 1 \cdot 21^3, \end{aligned}$$

und nach Gleichung 4)

$$\begin{aligned} q_{VII} &= t \times v_m \\ &= 4 \cdot 11 \times 1 \cdot 1 = 4 \cdot 521 \text{ m}^3/\text{sec,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{daher } q_{III} &= 1 \cdot 10267 \times 4 \cdot 521 \\ &= 4 \cdot 985 \text{ m}^3/\text{sec} = 4 \cdot 12 \times 1 \cdot 21 . \end{aligned}$$

Nach Gleichung III a) kann das Verhalten der Arbeitsfähigkeit bei den verschiedenen Tiefen t_{III} und t_{VII} ermittelt werden; der Exponentialwert III) ergibt

$$3\eta + 1 = 118 \cdot 8169$$

während der Exponentialwert V):

$$\frac{3\eta + 1}{\eta} = 3 \cdot 0255 \text{ nur einen verhältnis-}$$

mäßig kleinen Wert erreicht.

Weiters ist nach Gleichung IX)

$$C_a = \frac{1}{2} \left\{ 3\eta + 1 + \frac{3\eta + 1}{\eta} \right\}$$

$$= \frac{1}{2} \left\{ 118 \cdot 8169 + 3 \cdot 0255 \right\}$$

$$= 60 \cdot 9212, \text{ welcher Wert } C_a = 4, \text{ für } \mathfrak{Z} = \mathfrak{B},$$

sehr bedeutend überragt.

Um den Einfluß von \mathfrak{B} und \mathfrak{Z} auf \mathfrak{A} kennen zu lernen, sind die Gleichungen XI) und XII) anzuwenden:

$$x = \frac{3\eta}{3\eta + 1} = 0 \cdot 99158 \text{ und}$$

$$\psi = \frac{1}{3\eta + 1} = 0.00842, \text{ daher}$$

nach Gleichung 8) $\eta + \psi = 1.00000$ und

$$\begin{aligned} \text{nach Gleichung 9) } \frac{\chi}{\psi} &= 3\eta \\ &= 3 \times 39.2723 \\ &= 117.8169 \end{aligned}$$

$$\text{und } \frac{\chi}{\psi} = \frac{0.99158}{0.00842} = 117.7765.$$

Wir erkennen demnach, daß auf die Größe des Quotienten $\frac{a_{III}}{a_{VII}} = 1.33423$ der Einfluß von $\mathfrak{B} = \frac{v_{m III}}{v_{m VII}} : 99.158$ von Hundert und der von $\mathfrak{C} = \frac{t_{III}}{t_{VII}}$ nur 0.842 von Hundert beträgt. Daß aber zwischen den Lotrechten III und VII der Quotient $\frac{a_{III}}{a_{VII}}$ den Wert 1.33423 fast ausschließlich durch den Einfluß von \mathfrak{B} , also durch den Unterschied von 10 von Hundert in den mittleren Geschwindigkeiten erlangt, zeigt schon der sehr hohe Exponentialwert $3\eta + 1 = 118.8169$, beziehungsweise der dagegen verhältnismäßig niedere Exponentialwert $\frac{3\eta + 1}{\eta} = 3.0255$ an.

Hinsichtlich der Exponentialwerte $\eta + 1$ und $\frac{\eta + 1}{\eta}$ finden wir für $\eta = 39.27230$:

$$\eta + 1 = 40.27230$$

und $\frac{\eta + 1}{\eta} = 1.0255$ und nach Gleichung X):

$$\begin{aligned} Cq &= \frac{1}{2} \left\{ \eta + 1 + \frac{\eta + 1}{\eta} \right\} \\ &= \frac{1}{2} \left\{ 40.2723 + 1.0255 \right\} \\ &= 20.6489. \end{aligned}$$

Bringen wir die ermittelten Exponentialwerte I, III, IV, V, VI, IX und X in Beziehung nach den Gleichungen VIIa), VIIIa) und Xa), so ist

$$3\eta + 1 - (\eta + 1) = 2\eta = 78.5446$$

$$118.8169 - 40.2723 = 78.5446;$$

$$\frac{3\eta + 1}{\eta} - \frac{\eta + 1}{\eta} = 2$$

$$3.0255 - 1.0255 = 2 \text{ und}$$

$$Ca - Cq = r_i + 1 = 40.2723$$

$$60.9212 - 20.6489 = 40.2723.$$

Greifen wir auf die Proportion 13) zurück, so ist, da v_m im Verhältnisse zu t in der Lotrechten III größer als in der Lotrechten VII, also

$$\frac{v_{mIII}}{t_{III}} = 0.294 > 0.268 = \frac{v_{mVII}}{t_{VII}}$$

gefunden wurde, auch

$$\frac{v_{mIII}}{v_{mVII}} = 1.10000 > 1.00243 = \frac{t_{III}}{t_{VII}},$$

daher $r_i > 1$ sein muß.

Bestimmen wir noch nach Gleichung 7a) den Wert

$$n = \frac{\mathfrak{B}^3}{\mathfrak{E}}$$

$$n = \frac{1.1^3}{1.00243} = 1.32778$$

und nach der Gleichung 10a)

$$n = \mathfrak{A}^{\lambda - \Psi}$$

$$n = 1.33423^{0.98316} = 1.32777,$$

so ist zweifellos klargestellt, daß die einzelnen Exponentialwerte bei gegebenen „grundlegenden Werten \mathfrak{B} und \mathfrak{E} “ mit Hilfe unserer Gleichungen und von graphischen Darstellungen der Wertezuordnung $\mathfrak{B} = \mathfrak{E}^{\eta}$, beziehungsweise $\mathfrak{A} = \mathfrak{Q}^{\varphi}$, sowie der Gleichungen von gleichseitigen Hyperbeln:

$$-(\eta + 1)(\eta - 3) = 2, (y - 3)r_i = 1$$

u. s. w. verhältnismäßig **sehr rasch** ihrem Zahlenwerte nach ermittelt und auch auf ihre Richtigkeit überprüft werden können.

Aus den in der vorstehenden Ermittlung der Exponentialwerte vorkommenden Quotienten lassen sich die Unterschiede einzelner Größen auch in von Hundert ausdrücken, und zwar:

| | | | | | | | |
|------------------------------|------------|--------|--------|-------|---|-----|-------------|
| Die Teilarbeitsfähigkeit | a_{III} | ist um | 33.423 | v. H. | > | als | a_{VII} , |
| Die Teilwassermenge | q_{III} | „ | 10.267 | „ | > | „ | q_{VII} , |
| Die mittlere Geschwindigkeit | v_{mIII} | „ | 10.000 | „ | > | „ | v_{mVII} |
| und die Tiefe | t_{III} | „ | 0.243 | „ | > | „ | t_{VII} . |

Von Interesse ist es, zu erfahren, innerhalb welcher Grenzen die einzelnen Exponentialwerte schwanken, wenn für mehrere Lotrechtenpaare die zugehörigen Veränderlichen v_{ml} , v_{mr} , t_l , t_r , q_l , q_r , a_l und a_r durch die zuvor angegebenen Exponentialgleichungen in Beziehung gebracht werden.

Die Untersuchungen sollen in diesem Sinne durchgeführt werden.

Da die rechte Querschnittshälfte in der Darstellung des linken Teiles ersichtlich gemacht ist, wobei der Rand des Wasserspiegels beim linken Ufer mit dem des rechten Ufers zusammenfällt, so ergeben sich für jede Lotrechte der auf diese Weise aufeinandergelegten Querschnittshälften zwei Werte von v_m , t , q und a . Demnach können wir die Messungsergebnisse von je zwei Lotrechten, die in verschiedenen Querschnittshälften liegen, jedoch von dem zugehörigen Wasserrande gleich weit abstehen, für unsere Untersuchungen auswerten.

Die graphischen Darstellungen auf der beigegebenen Tafel zeigen den Verlauf der einzelnen Exponentialkurven, die nach den zuvor angegebenen Exponentialgleichungen bestimmt sind, für welche die „grundlegenden Werte“ v_m und t für die Breiten- einheit durch Abgreifen von Ordinaten der Kurven v_{ml} und v_{mr} und der Tiefen t_l und t_r erhalten wurden.*)

Zur Ergänzung der graphischen Darstellung diene noch folgende

*) Zu berücksichtigen ist jedoch, daß zur Darstellung der Kurven a und q entlang der Wasserspiegelbreite nur die Messungsergebnisse in den Lotrechten I bis IX verwertet wurden.

Zur Ergänzung vorstehender Tabelle ist es notwendig, charakteristische Werte einzelner Exponentialwerte anzugeben, und zwar in folgender

Tabelle B.

| Post-Nr. | I
η | II
φ | III
$3\eta+1$ | IV
$\eta+1$ | V
$\frac{3\eta+1}{\eta}$ | VI
$\frac{\eta+1}{\eta}$ | IX
C_a | X
C_q | XI
χ | XII
ψ | Anmerkung |
|----------|-------------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|--------------|---------------|--|
| 1 | $+\infty$ | 3 | $+\infty$ | $+\infty$ | 3' | 1 | $+\infty$ | $+\infty$ | 1 | 0 | $\mathfrak{E} = 1, \mathfrak{A} = \mathfrak{B}^3 = n$ |
| 2 | 1 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 0.75 | 0.25 | $\mathfrak{B} = \mathfrak{E}$ |
| 3 | $\frac{1}{3} = 0.333$ | 1.5 | 2 | 1.333 | 6 | 4 | 4 | 2.667 | 0.5 | 0.5 | $\mathfrak{B}^3 = \mathfrak{E}, n = 1$ |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 1 | $\pm\infty$ | $\pm\infty$ | $\pm\infty$ | $\pm\infty$ | 0 | 1 | $\mathfrak{B} = 1, \mathfrak{A} = \frac{1}{\mathfrak{E}} = n$ |
| 5 | $-\frac{1}{3} = -0.333$ | 0 | 0 | 0.667 | 0 | -2 | 0 | -0.667 | $\mp\infty$ | $\pm\infty$ | $\mathfrak{A} = 1; \mathfrak{B} > 1 > \mathfrak{E}, n > 0$
$\mathfrak{B} < 1 < \mathfrak{E}, n < 0$ |
| 6 | -1 | $\mp\infty$ | -2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | -0.5 | $\Omega = 1$ |
| 7 | $-\infty$ | 3 | $-\infty$ | $-\infty$ | 3 | 1 | $-\infty$ | $-\infty$ | 1 | 0 | $\mathfrak{E} = 1; \mathfrak{A} = \mathfrak{B}^3 = n$ |

Die graphischen Darstellungen und die Tabelle A vermögen den Verlauf der einzelnen Exponentialkurven hinreichend klarzustellen und sind ausreichend, um die Grenzen dieser Werte herauszufinden. Wir beschränken uns daher auf einige kurze Bemerkungen.

Die in der vorstehenden Tabelle B angeführten charakteristischen Exponentialwerte finden sich teilweise auch in den auf vorliegender Tafel dargestellten Untersuchungsergebnissen vor, und zwar: $\eta = 1$

$$\eta = \frac{1}{3} = 0.333$$

und $\eta = 0$, so daß wegen $\eta = 0$ für die Exponentialkurven $\frac{3\eta+1}{\eta}, \frac{\eta+1}{\eta}, C_a$ und C_q die Ordinaten $\pm\infty$ und weiters die Lotrechten IV und Va als Asymptoten dieser Kurven sich ergeben.

Wir wollen diese Lotrechten als „charakteristische Lotrechte“ bezeichnen, und zwar:

a) Für $\eta = 0$, beziehungsweise $v_{mn} = v_{m n+1}$ oder $\mathfrak{B} = 1$ (hier $v_{m l} = v_{m r}$);

dazu gehören aber auch jene Lotrechten, in welchen die Ordinaten der Kurve η den Wert:

b) $\eta = \pm \infty$, für $t_n = t_{n+1}$ oder $\mathfrak{S} = 1$ erreichen.

Nach Tabelle B sind für $\eta = \pm \infty$ jene Lotrechten Assymptoten zu den Exponentialkurven η , $3\eta + 1$, $\eta + 1$, C_a und C_q , in welchen die Ordinaten $\eta = \pm \infty$, $3\eta + 1 = \pm \infty$, $\eta + 1 = \pm \infty$, $C_a = \pm \infty$ und $C_q = \pm \infty$ betragen.

Wie aus beiliegender Tafel zu ersehen ist, nähern sich die Ordinaten der Kurve $\mathfrak{S} = \frac{t_l}{t_r}$ in den Lotrechten III und V_a dem Werte 1.

Angenommen, in der Lotrechten III würde $\mathfrak{S}' = 1$ und $\mathfrak{B} = 1.21$ sein, so ergäbe sich $\eta' = \pm \infty$, $q' = 3$ u. s. w., während tatsächlich $\mathfrak{S} = 1.012 > 1$, also $\eta < + \infty$ ist.

Für die Lotrechte V_a würde der grundlegende Quotient $\mathfrak{S}' = 1$, da $\mathfrak{B} = 1$ ist, unbestimmte Exponentialwerte ergeben.

Außer den zuvor gekennzeichneten „charakteristischen Lotrechten“ sind noch folgende Lotrechte zu beachten, in welchen

c) $\eta = -\frac{1}{3}$, also $q = 0$ und die Lotrechten zu Assymptoten der Kurven χ und ψ werden, dann ist $a_n = a_{n+1}$ oder $\mathfrak{A} = 1$, und d) bei $\eta = -1$, also $q = \mp \infty$ und die Lotrechte eine Assymptote zur Kurve q wird, dann ist $q_n = q_{n+1}$ oder $\mathfrak{Q} = 1$.

Wir bezeichnen diese unter c) und d) bestimmten Lotrechten als „charakteristische Zwischen-Lotrechte“.

Nach den graphischen Darstellungen für den Meßquerschnitt, Wiener-Donaukanal, $km\ 2.05$ muß η seinen positiven Größtwert in der Lotrechten III erreichen, denn die Kurve $\frac{t_l}{t_r}$ zeigt hier

eine Senkung und die für $\frac{v_{m l}}{v_{m r}}$ eine Erhöhung, so daß diese beiden

Kurven in der Lotrechten III in Hinsicht auf niedere Ordinatenwerte von $\mathfrak{S} > 1$ am weitesten abstehen. Der Größtwert q liegt demnach auch in der Lotrechten III, der kleinste Wert jedoch zwischen den Lotrechten IV und V_a ; zwischen diesen Grenzen ergibt sich ein Unterschied von 515.4 von Hundert.

Bemerkenswert ist die Teilung der Querschnittshälften durch die „charakteristische Lotrechte“ IV:

Die Teile des Querschnittes vom Wasserrande bis zur „charakteristischen Lotrechten“ IV, beziehungsweise bis zu der korrespondierenden Lotrechten weisen die positiven Exponentialwerte η auf, während für den Querschnittsteil zwischen diesen beiden Lotrechten negative η sich ergeben. Doch sind die letzteren Werte nicht so groß, daß sich die Kurven a_l und a_r , beziehungsweise q_l und q_r schneiden könnten, weshalb „charakteristische Zwischen-Lotrechte“ hier nicht vorkommen.

Bisher wurden die Veränderlichen \mathfrak{B} , \mathfrak{E} , \mathfrak{Q} und \mathfrak{A} für mehrere Lotrechtenpaare ein und desselben Wasserstandes in Beziehungen gebracht; notwendig dürfte es sein, festzustellen, daß die Erscheinungen in Wasserläufen auch bei wechselnden Wasserständen tatsächlich zu den für die „charakteristischen Lotrechten“ maßgebenden Bedingungen führen.

Zum Beweise hierfür sollen die Ergebnisse der „Untersuchungen über den Zusammenhang der Erscheinungen in Wasserläufen auf Grund hydrometrischer Erhebungen“ dienen:

1. Inn, Meßquerschnitt bei Reisach.

Die drei verschiedenen Wasserstände werden mit ∇_1 , ∇_2 und ∇_3 bezeichnet. Der Unterschied zwischen ∇_1 und ∇_2 beträgt 117 cm und zwischen ∇_2 und ∇_3 50 cm.

Der Exponentialwert $\eta_{2,3} = 0$ kommt links von den Lotrechten XIII₂ und IX₃, IX₁ vor; für die Lotrechte in der Mitte des Abstandes dieser beiden Lotrechten berechnen wir für die Einheit der Breite

$$\frac{a_3}{a_2} = 1.167$$

$$\frac{q_3}{q_2} = 1.201, \text{ also } \frac{a_3}{a_2} < \frac{q_3}{q_2}, \text{ mithin } \varphi_{2,3} < 1 \text{ und } \eta_{2,3} \text{ negativ;}$$

$$\varphi_{2,3} = 0.843$$

$$\eta_{2,3} = -0.073$$

$$3 \eta_{2,3} + 1 = \frac{2 \varphi_{2,3}}{3 - \varphi_{2,3}} = 0.782$$

$$\frac{3 \eta_{2,3} + 1}{\eta_{2,3}} = \frac{2 \varphi_{2,3}}{\varphi_{2,3} - 1} = -10.739 \text{ u. s. w.}$$

Da links von den zuvor genannten Lotrechten die Kurve $\eta_{2,3}$ die Abszissenaxe schneidet und $\eta_{2,3} = 0$ ist, und in der Mitte zwischen diesen Lotrechten $\eta = -0.073$ wird, so grenzen die beiden „charakteristischen Lotrechten für $\eta_{2,3} = 0$ den negativen

Teil der Kurve $\eta_{2,3}$ ein, weshalb wir auch diese charakteristischen Lotrechten die „eingrenzenden“ charakteristischen Lotrechten nennen wollen.

2. Salza, Meßquerschnitt Groß-Reifling.

Wasserstandswechsel ∇_4 bis ∇_5 .

Die Untersuchungen ergeben, daß die Kurve $\varphi_{4,5}$, der Gleichung IIa) : $\frac{a_5}{a_4} = \left(\frac{q_5}{q_4}\right)^{\varphi_{4,5}}$ entsprechend, die Grundlinie LL (Abszissenaxe) in zwei Punkten schneidet, und zwar links von den Lotrechten I und II. In diesen Schnittpunkten ist $\varphi_{4,5} = 0$ und $\eta_{4,5} = -\frac{1}{3}$, daher $\mathfrak{A}_{4,5} = 1$, d. h. die Kurven a_4 und a_5 schneiden sich in den durch die Ordinatenwerte $\varphi_{4,5} = 0$, beziehungsweise $\eta_{4,5} = -\frac{1}{3}$ bestimmten „charakteristischen Zwischen-Lotrechten“, die aber bekanntlich Assymptoten zu den Kurven $\chi_{4,5}$ und $\psi_{4,5}$ sind. Die Teilbreite der Wasserspiegellinie zwischen den Schnittpunkten der Exponentialkurve $\eta_{4,5}$ mit der Grundlinie LL ($\eta_{4,5} = 0$) beträgt 3·12 m, wodurch der Abstand der „eingrenzenden“ „charakteristischen Lotrechten“ für $\eta_{4,5} = 0$ gegeben ist, der im Verhältnisse zur Wasserspiegelbreite $B_5 = 17·40$ m nicht unbedeutend ist (17·93 von Hundert). Wird die Lotrechte in der Mitte der zuvor genannten Lotrechten I und II berücksichtigt, so ist aus den betreffenden graphischen Darstellungen zu messen:

$$v_{m4} = 2·47 \text{ m}$$

$$v_{m5} = 2·15 \text{ m, mithin } v_{m5} \text{ um } 12·95 \text{ von Hundert } < \text{ als } v_{m4},$$

$$t_4 = 2·00 \text{ m}$$

und $t_5 = 2·63 \text{ m, also } t_5 > t_4$, und zwar um 31·5 von Hundert.

Die „grundlegenden Quotienten“ sind

$$\mathfrak{B}_{4,5} = \frac{v_{m5}}{v_{m4}} = 0·87044 \text{ und}$$

$$\mathfrak{S}_{4,5} = \frac{t_5}{t_4} = 1·31500;$$

Nach Gleichung Ia) berechnen wir

$$\eta_{4,5} = -0·50661 = -0·507,$$

$$\text{nach Gleichung 5) } \varphi_{4,5} = \dots \dots \dots -1·053$$

$$\text{nach III) } 3\eta_{4,5} + 1 = \dots \dots \dots -0·520$$

$$\text{und V) } \frac{3\eta_{4,5} + 1}{\eta_{4,5}} = \dots \dots \dots 1·026 \text{ u. s. w.}$$

Daraus entnehmen wir, daß im Meßprofil „Groß-Reifling“ (Salza) unter den negativen Werten von $\gamma_{4,5}$ doch ein Wert vorkommt, der gleich -0.507 beträgt und dem $q_{4,5} = -1.053, \frac{3\gamma_{4,5} + 1}{\gamma_{4,5}} = 1.026$ entspricht;

d. h. daß in der Mitte zwischen den Lotrechten I und II beim Wasserstandswechsel ∇_4 bis ∇_5 , also beim Steigen des Wassers, einerseits die Teil-Arbeitsfähigkeit **nahezu** umgekehrt proportional der Teilwassermenge und proportional den mittleren Geschwindigkeiten ist, andererseits sich die letzteren umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Tiefen verhalten.

Bisher haben wir bei dem Ergebnisse negativer Werte von γ die Ursache in den grundlegenden Quotienten

$$\frac{v_{m\ n+1}}{v_{m\ n}} = \mathfrak{B} < 1 \text{ und } \frac{t_{n+1}}{t_n} = \mathfrak{Z} > 1$$

gefunden.

Sobald aber Messungsergebnisse vorliegen, nach welchen

$$t_n > t_{n+1}$$

ist, d. h. daß beim Steigen des Wassers für die Einheit der Breite die Tiefe infolge der Sohlenhebung abnimmt, so kann auch der besondere Fall eintreten, daß

$$t_n = t_{n+1}, \text{ also } \frac{t_{n+1}}{t_n} = \mathfrak{Z} = 1$$

wird, dann aber ist $\gamma = \pm \infty$.

3. Donau, Meßquerschnitt I, ∇_1 bis $\nabla_2 = 114$ cm.

Für die Lotrechte V_2 , 50.0 m vom linken Ufergrat abgehend, finden wir:

$$\frac{v_{m1}}{t_1} = 0.581, \quad \frac{v_{m2}}{v_{m1}} = \frac{2.02}{2.00} = 1.01000$$

$$\frac{v_{m2}}{t_2} = 0.594, \quad \frac{t_2}{t_1} = \frac{3.40}{3.40} = 1.$$

Obgleich der Unterschied der Wasserstände ∇_1 und ∇_2 114 cm beträgt, sind die Tiefen gleich groß.

In diesem Falle ist

$$\gamma_{1,2} = \pm \infty,$$

$$q_{1,2} = 3$$

$$3\gamma_{1,2} + 1 = \pm \infty$$

u. s. w.,

so daß sich die Lotrechte V_2 als „eingrenzende“ charakteristische Lotrechte ergibt, als Assymtote zu den Exponentialkurven $v_{1,2}$, $3v_{1,2} + 1$, $v_{1,2} + 1$ u. s. w.

Aber auch in der Lotrechten $VI_1 + 23.34 m$ (im Abstände von $38.34 m$ von der Lotrechten V_2) ist $t_1 = t_2$, denn wir finden $\frac{v_{m1}}{t_1} = \frac{1.788}{2.20} = 0.813$, $\frac{v_{m2}}{v_{m1}} = 1.04530$, $\frac{v_{m2}}{t_2} = \frac{1.870}{2.20} = 0.850$, $\frac{t_2}{t_1} = \frac{2.20}{2.20} = 1$, also auch die Lotrechte $(VI_1 + 23.34 m)$ ist eine „eingrenzende“ charakteristische Lotrechte.

Ziehen wir die Kurven t_n und t_{n+1} (entlang der Wasserspiegelbreite) in Untersuchung, so werden diese beiden Kurven bei veränderlicher Sohlenlinie für den Wasserstandswechsel ∇_n bis ∇_{n+1} sich dann berühren oder schneiden, wenn $t_n = t_{n+1}$, also $\mathfrak{Z} = 1$ ist.

Wir erkennen, daß die „**grundlegenden Werte**“ v_m und t die Möglichkeit bieten, zur Beurteilung der Eigenschaften der Exponentialwerte nach **streng analytischen Grundsätzen eine besondere Teilung des Querschnittes** vorzunehmen, so zwar, daß bei **unveränderlicher** Sohlenlinie lediglich die Werte v_m die Grundlage bilden, bei **veränderlicher** Sohle jedoch die Werte v_m und t .

So zeigt der Verlauf der Kurven v_{m1} und v_{m2} in diesem Meßquerschnitte in den Lotrechten $XIV + 3.97 m$ und $XV + 1.52 m$ den „grundlegenden“ Quotienten $\mathfrak{B} = 1$ an.

Demnach stellen sich diese letzt bezeichneten Lotrechten auch als „eingrenzende“ charakteristische Lotrechte dar.

Für die ganze Breite des Meßquerschnittes I ergibt sich hinsichtlich des Größenunterschiedes der zwischen ∇_1 bis ∇_2 wechselnden Tiefen und mittleren Geschwindigkeiten folgende Einteilung:

1. Linkes Ufer bis charakteristische Lotrechte V_2 : $t_2 > t_1$, $v_{m2} > v_{m1}$;
2. charakteristische Lotrechte V_2 bis charakteristische Lotrechte $VI_1 + 23.34 m$: $t_2 < t_1$, $v_{m2} > v_{m1}$;
3. charakteristische Lotrechte $VI_1 + 23.34 m$ bis charakteristische Lotrechte $XIV + 3.97 m$: $t_2 > t_1$, $v_{m2} > v_{m1}$;
4. charakteristische Lotrechte $XIV + 3.97 m$ bis charakteristische Lotrechte $XV + 1.52 m$: $t_2 > t_1$, $v_{m2} < v_{m1}$;

5. charakteristische Lotrechte XV + 1.52 m bis zum rechten Ufer :

$$t_2 > t_1, v_{m2} > v_{m1}.$$

Wir sehen, die unter 2. bezeichnete Teilfläche des Meßquerschnittes steht unter dem Einflusse von $t_2 < t_1$ und die durch 4. bestimmte Teilfläche unter dem Einflusse von $v_{m2} < v_{m1}$ (Wasser von ∇_1 bis ∇_2 steigend).

Da bei einem stetigen Verlaufe der Kurve η , also ohne Sprung von $+\infty$ zu $-\infty$, die Tiefe t_{n+1} beim höheren Wasserstande ∇_{n+1} nicht kleiner sein kann als die Tiefe t_n beim niederen Wasserstande ∇_n , so können wir aus dem Verlaufe der Exponentialkurve η auch auf den Verlauf der Kurven t_n und t_{n+1} , somit auf die Änderung der Sohlenlinie im Querschnitte schließen.

Festzustellen ist ferner, daß in der „eingrenzenden“ charakteristischen Lotrechten für $\eta = \pm \infty$ bei $t_n = t_{n+1}$ nur die mittleren Geschwindigkeiten auf das Verhalten der Arbeitsfähigkeit bei verschiedenen Teilwassermengen Einfluß nehmen, denn nach Gleichung IIa) ist

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} = \left(\frac{q_{n+1}}{q_n}\right) \varphi = \left(\frac{v_{m n+1} \cdot t_{n+1}}{v_{m n} \cdot t_n}\right) \varphi = \left(\frac{v_{m n+1}}{v_{m n}}\right) \varphi$$

übereinstimmend mit Gleichung Va),

daher $\varphi = \frac{3\eta + 1}{\eta} = 3$, ein Ergebnis, welches mit dem bekannten Satze, daß sich die „Arbeitsfähigkeit“ von durch gleiche Teilflächen abfließenden Teilwassermengen, wie die dritten Potenzen der mittleren Geschwindigkeiten verhalten, vollkommen übereinstimmt.

Für $\eta = \pm \infty$ ist aber auch $\chi = 1$ und $\psi = 0$.

Für die „eingrenzenden“ charakteristischen Lotrechten bei $\eta = 0$, ($v_{m n} = v_{m n+1}$) ist dagegen für das Verhalten von \mathfrak{A} zu \mathfrak{Q} nur die Tiefe maßgebend, denn nach Gleichung IIa) ist bei $v_{m n} = v_{m n+1}$

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} = \left(\frac{t_{n+1}}{t_n}\right) \varphi$$

übereinstimmend mit Gleichung IIIa)

daher $\varphi = 3\eta + 1 = 1$. Auch ist für $\eta = 0$, $\psi = 1$ und $\chi = 0$.

Da im Meßquerschnitte I (Donau), wie zuvor angegeben, zwischen den „eingrenzenden“ charakteristischen Lotrechten V_2 und $VI_1 + 23.34 m$, also für eine Teil-Spiegelbreite von $38.34 m$ durchwegs $t_2 < t_1$, und $v_{m2} > v_{m1}$ ist, daher hier η nur negative Werte

hat, so wird die Exponentialkurve $\eta_{1,2}$ in der zuvor bestimmten Teilbreite von 38:34 m ausschließlich unter der Abszissenaxe (LL) und asymptotisch zu den „eingrenzenden“ charakteristischen Lotrechten verlaufen. Dadurch ergeben sich die charakteristischen Exponentialwerte

$$\eta = -\frac{1}{3}$$

und $\eta = -1$, so daß sich in der mehr erwähnten Teilbreite von 38:34 m sowohl die Kurven a_1 und a_2 als auch die Kurven q_1 und q_2 schneiden, u. zw. in je zwei Punkten.

Mithin kommen hier auch die „charakteristischen Zwischen-Lotrechten“ für $a_1 = a_2$ und $q_1 = q_2$ vor; denn

1. für $\eta = -1$ ergibt sich

$$\text{nach Gleichung Ia) } v_{m2} : v_{m1} = t_1 : t_2,$$

$$\text{nach Gleichung VIa) } \frac{q_2}{q_1} = \left(\frac{v_{m2}}{v_{m1}}\right)^0$$

$$\text{daher } q_2 = q_1;$$

$$\text{nach Gleichung IIIa) } \frac{a_2}{a_1} = \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^{-2}, \quad a_2 : a_1 = t_1^2 : t_2^2.$$

2. für $\eta = -\frac{1}{3}$ und $t_2 < t_1$ ist

$$\text{nach Gleichung 5) } \varphi_{1,2} = \frac{3\eta_{1,2} + 1}{\eta_{1,2} + 1} = 0$$

und nach Gleichung IIa) $a_2 = a_1$.

Nicht zu übersehen sind bei veränderlicher Sohle die Beziehungen zwischen dem Unterschiede der Wasserstände

$$d = \nabla_1 - \nabla_2$$

und dem Unterschiede $t_2 - t_1$.

Ohne näher darauf einzugehen, wäre auf folgende Beziehung hinzuweisen.

Wenn beim Steigen des Wassers die Sohlenhebung für die Breitereinheit gleich dem Unterschiede d ist, muß $t_1 = t_2$ und $t_2 - t_1 = 0$ sein, was ebenfalls eintritt beim Fallen des Wassers, wenn die Sohlensenkung gleich dem Unterschiede $d = \nabla_2 - \nabla_1$ ist.

Mit anderen Worten: Die Gleichung $t_n = t_{n+1}$ für die Breitereinheit wird erfüllt, wenn beim Steigen des Wassers sich Sohle und Wasserspiegel gleichviel heben und beim Fallen des Wassers gleichviel senken.

Zu erwähnen wäre noch der besondere Fall, wenn die „charakteristischen Zwischen-Lotrechten“ zusammen-

fallen, dann muß aber $v_{m n} = v_{m n+1}$ und $t_n = t_{n+1}$ sein, wie z. B. in der Lotrechten V, Meßprofil Donaukanal Km 2·05.

Bevor wir die Untersuchungen der 6. Abteilung schließen, fügen wir noch bei, daß die „grundlegenden“ Werte v_m u. t auch aus „Längsschnitten“ des Wasserlaufes durch Messungen zu gewinnen sein werden, um, kurz gesagt, ein oder mehrere „Lotrechtenpaare“ der „Längsschnitte“ den Untersuchungen zu unterziehen.

7. Abteilung:

Die „Arbeitsfähigkeit“ a_m für die Breitereinheit **und** die Gewichtskomponente K (treibende Komponente der Schwerkraft) der sekundlichen Teilwassermenge q_m . Schubkraft S für einen Quadratmeter Sohlenfläche (auch Schleppkraft oder Stoßkraft).

Durch Berücksichtigung der Schwerkraftskomponente K bei den Untersuchungen wird das Gefälle des Wasserlaufes in diese einbezogen, wir sind jedoch genötigt, anzunehmen, daß in der Teilfläche $f = (t \times 1) m^2$ die Teilwassermenge q_m mit gleich großen Einzelgeschwindigkeiten abfließt und die Richtung der Bewegung normal zur Durchflußfläche sei.

Die Stoßkraft dieser Teilwassermenge ist bestimmt durch die Formel

$$p = \frac{t \times 1 \times v_m^2 \times 1000}{(t \times 1) m^2 \cdot 2 g} \text{ in Kg} \quad \dots \quad A)$$

Wenn die Teilwassermenge $q_{m/sec}$ mit der mittleren Geschwindigkeit v_m bei dem „Einzelgefälle“ $i = \frac{h}{l}$ (ein Verhältniswert) abwärts treibt, so vermag sie bekanntlich einen Stoß p normal zur Teilfläche $(t \times 1) m^2$ auszuüben, und gleichzeitig wirkt an der Sohle das Gesamtgewicht $1000 q_m$ der Teilwassermenge als Schubkraft $K = 1000 q_m i$ auf der Fläche $(1 \times v_m) m^2$.

$$\text{Daher } K = \frac{1000 q_m \cdot i}{(v_m \times 1) m^2} \text{ in Kg} \quad \dots \quad B)$$

Da für den Meßquerschnitt „Wiener Donaukanal“ km 2·05 bei dem Wasserstande + 7 cm nur das mittlere relative Gefälle $J = 0\cdot000345$ angegeben ist, sind wir genötigt, die weitere Annahme zu machen, daß entlang der ganzen Spiegelbreite für die Einheit der Breite das Einzelgefälle $i = J$ sei.

Deshalb ist das Verhältnis $v_m : i$ in einzelnen Lotrechten des Meßquerschnittes für die Einheit der Breite nicht genau bestimmt

und wird daher auch die Gleichung

$$P_{(t \times 1) m^2} = \frac{v_m}{2g} \times i \times K_{(vm \times 1) m^2}$$

$$\text{oder } p_{(t \times 1) m^2} = 0.051 \times \frac{v_m}{i} \times K_{(vm \times 1) m^2} \dots \dots \dots C)$$

unsichere Werte ergeben.

Doch wir erkennen, daß ohne die gemachten, den tatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechenden Annahmen die Untersuchungen nach Abteilung 7 undurchführbar sein würden.

Aus der Gleichung C), die aus den Gleichungen A) und B) abgeleitet wurde, erhalten wir die Gleichung

$$p \times v_m = \frac{v_m^2}{2g} \times \frac{1}{i} \times K = a_m \dots \dots \dots D)$$

wenn beide Seiten der Gleichung C) mit v_m multipliziert werden.

Setzen wir $\frac{v_m^2}{2g} = h$, das ist jene absolute Fallhöhe, die eine von der Ruhelage ausgehende Masse bei reibungsloser Bewegung auf schiefer Ebene zurücklegen muß, um die Geschwindigkeit $v = \sqrt{2gh}$ zu erhalten, so ist

$$a_{m/sec} = \frac{h}{i} \times K_{(vm \times 1) m^2} \dots \dots \dots E)$$

wodurch ausgedrückt wird, daß sich die Arbeitsfähigkeit der bewegten Teilwassermenge $q_{m/sec}$ zur Schwerkraftskomponente verhält, wie die „Geschwindigkeitshöhe“ zum relativen „Einzelgefälle“.

Bezeichnen wir mit l die Länge in der Richtung des Wasserlaufes, welche bei dem relativen Einzelgefälle i dem Werte h entspricht, daher $h = l \times i$, so geht die Gleichung E) über in

$$a_m = l \times K_{(vm \times 1) m^2} \dots \dots \dots F)$$

Da aber die vertikale Projektion von l durch $h = l \times i$ ausgedrückt ist, so ergibt sich auch

$$a_m = 1000 q_m \times h = \frac{m v_m^2}{2}$$

Von Interesse ist es, über das Verhältnis $\frac{h}{i}$ einige Werte anzugeben, wozu das Werk: „Entwicklung der Hydrometrie in der Schweiz, Eidgenössisches hydrometrisches Bureau 1907“ und „Die Untersuchungen über den Zusammenhang der Erscheinungen in Wasserläufen auf Grund hydrometrischer Erhebungen“ benutzt werden und die folgenden Tabellen C und C' dienen, und zwar:

Tabelle C.

| Post-Nr. | Bezeichnung des Wasserlaufes | Lotrechte | v_m in m | t in m | $\frac{v_m}{t}$ | $v_m > = < t$ | $J = i$ | | | $\frac{h}{i}$ | Unterschied der Grenzen in von Hundert für | | | | |
|----------|--|-----------|------------|--------|-----------------|---------------|----------|----------|-------|---------------|--|---------|---------------|---------|---------|
| | | | | | | | i_l | J_m | i_r | | $\frac{v_m}{t}$ | $J = i$ | $\frac{h}{i}$ | | |
| 1 | Kanal im Richtstollen des Simplon-Tunnels bei Iselle | 0·10 | 2·555 | 0·444 | 5·755 | > | 0·006833 | . | . | 0·33294 | 48·72 | . | . | . | |
| 2 | Simme bei Wimmis | 0·30 | 0·330 | 0·376 | 0·878 | < | . | 0·001800 | . | 0·00556 | 3·09 | . | . | . | |
| | | 13·80 | 0·776 | 0·692 | 1·121 | > | . | 0·001800 | . | 0·03071 | 17·06 | 45·39 | 0 | 1·423·2 | |
| 3 | Mühlbach bei der Mühle Dür in Burgdorf | 17·20 | 0·199 | 0·258 | 0·771 | < | . | 0·001800 | . | 0·00202 | 1·12 | . | . | . | |
| | | 0·20 | 0·869 | 0·737 | 1·179 | > | . | 0·001775 | . | 0·03851 | 21·70 | . | . | . | |
| 4 | Taver-Bach „im Grund“ am Simplon | 1·85 | 1·078 | 0·749 | 1·439 | > | . | 0·001775 | . | 0·05927 | 33·39 | 24·05 | 22·14 | 0 | 53·87 |
| | | 3·50 | 0·970 | 0·731 | 1·328 | > | . | 0·001775 | . | 0·04799 | 27·04 | . | . | . | . |
| 5 | Rhône bei Zehn-häusern | 0·10 | 0·241 | 0·209 | 1·153 | > | . | 0·001746 | . | 0·002962 | 1·70 | . | . | . | . |
| | | 0·90 | 0·533 | 0·240 | 2·221 | > | . | 0·001746 | . | 0·014489 | 8·30 | 417·48 | 409·40 | 0 | 2·577·4 |
| 5 | | 2·10 | 0·103 | 0·236 | 0·436 | < | . | 0·001746 | . | 0·000541 | 0·31 | . | . | . | . |
| | | 0·25 | 0·285 | 0·460 | 0·620 | < | 0·000303 | . | . | 0·004142 | 13·67 | . | . | . | . |
| 5 | | 6·00 | 0·449 | 0·670 | 0·670 | < | . | 0·000368 | . | 0·01028 | 27·93 | . | . | . | . |
| | | 11·00 | 0·780 | 1·174 | 0·664 | < | . | 0·000368 | . | 0·03103 | 84·32 | 381·48 | 170·16 | 42·90 | 2·628·8 |
| 5 | | 14·50 | 0·162 | 0·652 | 0·248 | < | . | 0·000433 | . | 0·001338 | 3·09 | . | . | . | . |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------|-------|-------|-------|---|------------------------|----------|---|----------|---------|-------|--------|--------|---------|
| 6 | Rhein-felden, Zuleitungs-kanal | 3·00 | 1·516 | 3·994 | 0·380 | < | 0·000234 | . | . | 0·11721 | 500·85 | . | . | . | . |
| 7 | Rhein, Rheinfeldern | 14·00 | 0·458 | 1·097 | 0·418 | < | 0·000263
(0·000276) | . | . | 0·0107 | 40·68 | . | . | . | . |
| | | 80·00 | 1·409 | 3·775 | 0·373 | < | . | 0·000180 | . | 0·1013 | 562·78 | 382·6 | 92·63 | 187·50 | 1·283·4 |
| 8 | Kanal des städtischen Elektrizitäts-werkes Aarau | 155·00 | 0·294 | 1·355 | 0·217 | < | . | 0·000096 | . | 0·004405 | 45·92 | . | . | . | . |
| | | 1·20 | 0·760 | 1·660 | 0·458 | < | . | 0·000120 | . | 0·02946 | 245·5 | . | . | . | . |
| 9 | Wasser-werks-Anlage der Manufaktur Festi-Rasini in Giovanni Lupatoto | 7·70 | 1·109 | 2·754 | 0·403 | < | . | 0·000120 | . | 0·062724 | 522·7 | 45·92 | 16·13 | 0 | 112·91 |
| | | 14·60 | 0·796 | 1·700 | 0·468 | < | . | 0·000120 | . | 0·032315 | 269·28 | . | . | . | . |
| 9 | | — 4·5 | 0·779 | 0·760 | 1·025 | > | 0·000057 | . | . | 0·030949 | 542·96 | . | . | . | . |
| | | — 4·0 | 0·918 | 1·429 | 0·643 | < | . | 0·000057 | . | 0·042979 | 754·02 | . | . | . | . |
| 9 | | — 2·0 | 0·986 | 3·110 | 0·317 | < | . | 0·000057 | . | 0·049582 | 869·86 | . | . | . | . |
| | | 0 | 1·101 | 3·203 | 0·344 | < | . | 0·000057 | . | 0·061822 | 1·084·6 | 62·15 | 275·71 | 0 | 162·92 |
| 9 | | + 2·0 | 1·015 | 3·125 | 0·325 | < | . | 0·000057 | . | 0·052541 | 921·77 | . | . | . | . |
| | | + 4·0 | 0·890 | 1·288 | 0·691 | < | . | 0·000057 | . | 0·040397 | 708·72 | . | . | . | . |
| 9 | | + 4·75 | 0·679 | 0·570 | 1·191 | > | . | 0·000057 | . | 0·023513 | 412·51 | . | . | . | . |

Tabelle C'.

| Post-Nr | Bezeichnung des Wasserlaufes | Lotrechte | v_m in m | t in m | $\frac{v_m}{t}$ | $v_m > = < t$ | $J = i$ | | | $\frac{h}{i}$ | Unterschied der Grenzen in von Hundert für | | |
|---------|---|-----------|------------|----------|-----------------|---------------|----------|----------|-------|---------------|--|-----------------|----------|
| | | | | | | | i_l | J_m | i_r | | v_m | $\frac{v_m}{t}$ | $J = i$ |
| 1 | Salza, Wildalpe
$\nabla_4 = + 237 \text{ cm}$ | I | 1·967 | 3·10 | 0·634 | < | 0·002650 | . | . | 0·19732 | 74·46 | | |
| | | III | 2·028 | 2·82 | 0·719 | < | . | 0·002615 | . | 0·20975 | 80·21 | 889·27 | 60·88 |
| | | VI | 0·205 | 2·01 | 0·102 | < | . | 0·001100 | . | 0·002143 | 1·95 | 140·91 | 4·013·33 |
| 2 | Donau Meßprofil I,
$\nabla_3 = - 10 \text{ cm}$ | IV | 2·13 | 4·53 | 0·470 | < | . | 0·000550 | . | 0·231382 | 420·69 | | |
| | | VII | 1·86 | 2·20 | 0·845 | < | . | 0·000550 | . | 0·176440 | 320·78 | | |
| | | VIII | 1·94 | 2·54 | 0·764 | < | . | 0·000550 | . | 0·191944 | 349·00 | 14·52 | 115·01 |
| | | XIV | 2·00 | 5·09 | 0·393 | < | . | 0·000550 | . | 0·204000 | 370·90 | | |
| | | IV | 1·90 | 3·52 | 0·540 | < | . | 0·000550 | . | 0·184110 | 334·75 | | |
| 3 | Donau Meßprofil I,
$\nabla_1 = - 124 \text{ cm}$ | VII | 1·78 | 2·12 | 0·840 | < | . | 0·000550 | . | 0·161588 | 293·79 | | |
| | | VIII | 1·34 | 1·37 | 0·978 | < | . | 0·000550 | . | 0·091576 | 166·49 | 41·79 | 83·49 |
| | | XIV | 1·76 | 3·30 | 0·533 | < | . | 0·000550 | . | 0·157978 | 287·24 | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------|------|------|-------|---|---|----------|---|----------|--------|-------|-------|
| 4 | Donau Meßprofil II,
$\nabla_2 = + 12 \text{ cm}$ | IV ₂ | 2·01 | 2·92 | 0·688 | < | . | 0·000573 | . | 0·206045 | 359·59 | | |
| | | VIII ₂ | 1·84 | 3·15 | 0·584 | < | . | 0·000573 | . | 0·172666 | 301·33 | 9·24 | 74·62 |
| | | X ₂ | 1·96 | 4·00 | 0·490 | < | . | 0·000573 | . | 0·195922 | 341·92 | | |
| 5 | Donau Meßprofil II,
$\nabla_1 = - 108 \text{ cm}$ | XII ₂ | 1·97 | 5·00 | 0·394 | < | . | 0·000573 | . | 0·197926 | 345·42 | | |
| | | IV ₂ | 1·24 | 1·80 | 0·689 | < | . | 0·000630 | . | 0·078418 | 124·47 | | |
| | | VIII ₂ | 1·88 | 2·49 | 0·755 | < | . | 0·000630 | . | 0·180254 | 286·12 | 51·61 | 99·75 |
| | | X ₂ | 1·45 | 1·81 | 0·801 | < | . | 0·000630 | . | 0·107227 | 170·19 | | |
| 6 | Donau Meßprofil III,
$\nabla = + 153 \text{ cm}$ | XII ₁ | 1·57 | 3·92 | 0·401 | < | . | 0·000630 | . | 0·125710 | 199·54 | | |
| | | XXI | 2·87 | 7·50 | 0·383 | < | . | 0·000563 | . | 0·420082 | 746·02 | | |
| | | III | 1·21 | 4·15 | 0·292 | < | . | 0·000345 | . | 0·074669 | 216·43 | | |
| 7 | Wiener Donaukanal
km 2·05,
$\nabla = 7 \text{ cm}$ | V | 1·44 | 4·20 | 0·343 | < | . | 0·000345 | . | 0·105754 | 306·53 | 30·91 | 27·99 |
| | | VII | 1·10 | 4·10 | 0·268 | < | . | 0·000345 | . | 0·061710 | 178·87 | | |

Entgegen den tatsächlichen Verhältnissen eine gleichförmige Bewegung voraussetzend, mithin v_m und i **unveränderlich anzunehmen** ist, ergibt sich, wenn die Schwerkraftskomponente für $1 m^2$ Sohlenfläche mit S und die für den Längsmeter in der Flußrichtung für $1 m$ Breite abfließende Teilwassermenge mit q und weiters die in dieser enthaltene Arbeitsfähigkeit mit a bezeichnet wird,

$$S_{(1)m^2} = 1000 \cdot t \cdot i \text{ in } Kg \dots \dots \dots G)$$

$$a = \frac{1000 \cdot t \cdot 1}{g} \times \frac{v_m^2}{2} \text{ in } Kgm \dots \dots \dots H)$$

$$\text{oder } a = \frac{h}{i} \times S, \text{ beziehungsweise } a = l \cdot S \text{ in } Kgm \dots J)$$

Bekanntlich gibt a die Größe der Arbeitsfähigkeit an für den Längsmeter und $1 \cdot 0 m$ Breite.

Obige Gleichung $G)$ stellt die für die „Schleppkraft“ aufgestellte Formel dar, die aber nur unter den gemachten Voraussetzungen gültig ist.

Um nunmehr tatsächliche Verhältnisse berücksichtigen zu können, sehen wir von v_m ab und verwerten die aus der Vertikal-Geschwindigkeitskurve entnommene Einzelgeschwindigkeit nächst der Flußsohle $u = v_s$; das ist jene Geschwindigkeit, mit welcher die Teilwassermenge die auf der Sohle aufstehende kleine Teilfläche, zum Beispiel $f = 0 \cdot 1 \times 0 \cdot 1 = 0 \cdot 01 m^2$, durchfließt.

Dann ist nach Gleichung $A)$

$$P_{s(0 \cdot 01)m^2} = \frac{0 \cdot 01 \times v_s^2 \times 1000}{2 g} \dots \dots \dots Aa)$$

und nach Gleichung $B)$

$$K_{(0 \cdot 01)m^2} = 10 \times t \times i \dots \dots \dots Ba)$$

Wird das Einzelgefälle i trotz der bekannten Schwierigkeiten, die mit der Erhebung dieser Größe verbunden sind, ermittelt, so geben die durch obige Gleichungen $Aa)$ und $Ba)$ bestimmten Größen Aufschluß über die nächst und an der Sohle wirkenden Kräfte auf je $0 \cdot 01 m^2$ Fläche.

Bezeichnen wir mit $p'_s (0 \cdot 01)m^2$ die Stoßkraft der kleinen Teilwassermenge, welche diese Teilfläche $f = 0 \cdot 1 \times 0 \cdot 1 = 0 \cdot 01 m^2$ mit der mittleren Geschwindigkeit durchfließt, so wird

$$p'_s (0 \cdot 01)m^2 \gtrless P_{s(0 \cdot 01)m^2}, \text{ wenn } v_m \gtrless v_s \text{ ist.}$$

Z. B. 1. für die Lotrechte III, Meßquerschnitt **Donaukanal** km $2 \cdot 05$, ist $v_m = 1 \cdot 21 m$ um $77 \cdot 94$ von Hundert $>$ als $0 \cdot 68 m = v_s$

$$\text{und } \frac{p_s'}{p_s} = \frac{v_m^2}{v_s^2} = 3.166,$$

mithin $p_s'_{(0.01)m^2}$ um 216.6 von Hundert $>$ als $p_{s(0.01)m^2}$;

2. für die Lotrechte I, Meßquerschnitt Wildalpe-
Salza, Wasserstand ∇_4 :

$v_m = 1.967 m$ um 1.539.2 von Hundert $>$ als $0.12 m = v_s$ (im
Abstände $0.05 m$ von der Sohle),

$$\text{und } \frac{p_s'}{p_s} = \frac{1.967^2}{0.12^2} = 268.68,$$

mithin $p_s'_{(0.01)m^2}$ um $\hat{=}$ 26.768.0 von Hundert $>$ als $p_{s(0.01)m^2}$;

3. für die Lotrechte VI, Meßquerschnitt Wildalpe,
Salza, ∇_4 :

$v_m = 0.205 m$ um 0 von Hundert $>$ als $0.205 m = v_s$ (im Abstände
 $0.05 m$ von der Sohle), daher $p_s'_{(0.01)m^2} = p_{s(0.01)m^2}$,

und 4. für die Lotrechte XXI, Meßprofil III, **Donau**,
 $\nabla = + 153 cm$:

$v_m = 2.87 m$ um 14.80 von Hundert $>$ als $2.50 m$,

$$\text{und } \frac{p_s'}{p_s} = \frac{2.87^2}{2.50^2} \hat{=} 1.318,$$

daher $p_s'_{(0.01)m^2}$ um 31.8 von Hundert $>$ als $p_{s(0.01)m^2}$.

Die beiden Gleichungen Aa) und Ba) ermöglichen, aus
vorliegenden hydrometrischen Messungsergebnissen sehr rasch
einen Überblick über die Gegensätze zwischen den mit v_m
(im Sinne von $\frac{f}{t}$) und der tatsächlichen Sohlengeschwin-

digkeit ermittelten Größen $p_s'_{(0.01)m^2}$ und $p_{s(0.01)m^2}$ zu gewinnen.

Benützen wir z. B. das nach unseren Untersuchungsergebnissen
nunmehr auch **unmittelbar** für den Flußbau sehr wertvolle
Werk: „Die Entwicklung der Hydrometrie in der
Schweiz, Eidgenössisches hydrometrisches Bureau,
1907,“ und zwar:

1. Messungen I—VI der Wassermengen im Kanal
der Winkel matt-Quellen.

Vertikal-Geschwindigkeits-Polygon 0.30;

Messung I: mittlere Wasserspiegelhöhe 648.437,

„ VI: „ „ 648.488.

Die Vertikal-Geschwindigkeitskurven I und VI zeigen nahezu
gleich große Sohlengeschwindigkeiten, während $\frac{v_m VI}{v_m I} = 1.324$,
also $v_m VI$ um 32.4 von Hundert $>$ $v_m I$ ist.

Daher schließen wir, daß bei dem Wasserstandswechsel I bis VI in dem bestimmten Meßquerschnitte die Gegensätze zwischen $p'_{s(0.01)m^2}$ und $p_{s(0.01)m^2}$ sich wesentlich verschärfen, dabei ist $p'_s > p_s$.

2. Meßkammer des Reservoirs der Wasserversorgung der Stadt Bern, Messungen I—V Mannenberg.

Vertikal-Geschwindigkeits-Polygon 0.50.

Messung I: Mittlere Wasserspiegelhöhe 623.607

„ V: „ „ 623.408.

Die Messung I ergibt: $v_m = 0.347 m$

$$v_s = 0.458 m, \text{ also } v_s > v_m,$$

daher $p_{s(0.01)m^2} > p'_{s(0.01)m^2}$

und Messung V: $v_m = 0.090 m$

$$v_s = 0.105 m, \text{ also } v_s > v_m$$

daher $p_{s(0.01)m^2} > p'_{s(0.01)m^2}$.

Wir sehen, bei niederem Wasserstande V wird bei Auswertung von v_m die Größe $p_{s(0.01)m^2}$ gegen ihren „tatsächlichen“ Wert, ebenso beim höheren Wasserstande I, zu kleine Werte ergeben und sich dieser Gegensatz beim Steigen des Wassers wesentlich verschärfen.

3. Messung der Wassermenge des Taverbaches „im Grund“.

Vertikal-Geschwindigkeits-Polygon 0.10.

$$v_m = \frac{0.0503}{0.209} = 0.241 m$$

$$v_s = 0.155, v_m > v_s, \text{ daher } p'_{s(0.01)m^2} > p_{s(0.01)m^2}.$$

Vertikal-Geschwindigkeits-Polygon 2.10.

$$v_m = \frac{0.0243}{0.236} = 0.103 m$$

$$v_s = 0.024 m, v_m > v_s, \text{ daher } p'_{s(0.01)m^2} > p_{s(0.01)m^2}.$$

In den beiden Meßlotrechten 0.10 und 2.10, die gleichweit von den lotrechten Uferwänden abstehen, sind die Gegensätze in $p'_{s(0.01)m^2}$ und $p_{s(0.01)m^2}$ äußerst verschieden u. s. w.

Angegeben ist: Beschaffenheit der links- und rechtsufrigen

Wandung; Material: Glatter Abschlußstein; Neigung 0.0.

Beschaffenheit der Sohle: Feiner Kies.

Wasserspiegelgefälle am rechten Ufer $J_r = 0.001746$,

„ mittleres $J = 0.001746$.

Weiters ist: Lotrechte 0.10: $p_{s(0.01)m^2} > k_{(0.01)m^2}$ und Lotrechte 2.10: $p_{s(0.01)m^2} < k_{(0.01)m^2}$.

4. Messung der Wassermenge der Rhone bei Zenhäusern, 240 m flußaufwärts der Nußbaumbrücke.

Mittlere Wasserspiegelhöhe = 9.724.

Vertikal-Geschwindigkeits-Polygon 0.25.

$$v_m = \frac{0.1311}{0.460} = 0.285 \text{ m}$$

$$v_s \doteq 0.212 \text{ m}, v_m > v_s, p'_{s(0.01) m^2} > p_{s(0.01) m^2}.$$

Vertikal-Geschwindigkeits-Polygon 14.50.

$$v_m = \frac{0.1054}{0.652} = 0.162 \text{ m}$$

$$v_s \doteq 0.040 \text{ m}, v_m > v_s, p'_{s(0.01) m^2} > p_{s(0.01) m^2}.$$

Auch hier schwanken die Gegensätze zwischen $p'_{s(0.01) m^2}$ und $p_{s(0.01) m^2}$ in den „Uferlotrechten“ sehr bedeutend.

Angegeben ist: Beschaffenheit der linksufrigen Wandung;

Material: Glatter Abschlußstein; Neigung: 0.0.

Beschaffenheit der rechtsufrigen Wandung; Material: Schieferiger Felsen, Neigung: $a_r = 0.3$.

Wasserspiegelgefälle am linken Ufer: $0.000303 = J_l$,

„ am rechten Ufer: $0.000433 = J_r$

„ mittleres $0.000368 = J$.

Beschaffenheit der Sohle: Grober Kies und Felsen. Verwerten wir auch die Ergebnisse der Gefällsbestimmungen, so ergibt sich nach Gleichungen E) und F):

Für die linksuferige Lotrechte 0.25

$$\frac{h}{i} = \frac{\frac{0.285^2}{19.62}}{0.000303} \doteq 13.66 = l = \frac{a_m}{K_{(vm \times 1) m^2}}$$

und für die rechtsuferige Lotrechte 14.50

$$\frac{h}{i} = \frac{\frac{0.162^2}{19.62}}{0.000433} \doteq 3.09 = l = \frac{a_m}{K_{(vm \times 1) m^2}}$$

Unterschied 342.07
von Hundert,

wodurch die bedeutende Schwankung von $\frac{h}{i}$, beziehungsweise $\frac{a_m}{K}$

für diesen Messungsquerschnitt nachgewiesen ist u. s. w.

(Im Meßquerschnitte Wildalpe, Salza, bei $\nabla_4 = + 237 \text{ cm}$, schwanken dieser Quotient für die Einheitsbreite in den Lotrechten III und VI um 4013.33 von Hundert und die zugehörigen relativen Einzelgefälle i um 140.91 von Hundert.)

Weiters ist: Für die Lotrechte 0.25: $p_{s(0.01) m^2} > K_{(0.01) m^2}$ und für die Lotrechte 14.50: $p_{s(0.01) m^2} < K_{(0.01) m^2}$.

5. Wasserwerksanlage der Manufaktur Festi-Rasini
in S. Giovanni Lupatoto.
Zuleitungskanal.

Vollkommen symmetrisches Querprofil mit schalenförmiger Sohle, diese und die Wandungen in Stein gepflastert, aber mit Schlamm bedeckt; dadurch ist die feste besondere Form des Querschnittes in die „Trapezform“ umgewandelt.

Mittleres Wasserspiegelgefälle (unsicher) : $J = 0.000057$,
dagegen Sohlgefälle : 0.000040 .

Wasserspiegelbreite $b = 10.55$ m und größte Tiefe in der Mitte 3.243 m (für die mittlere Wasserstandshöhe = 46.989).

Wird die Ordinatenaxe in der Mitte des Querschnittes angeordnet, so ergibt sich für diese das

Vertikal-Geschwindigkeits-Polygon 0 :

$$v_m = \frac{3.5275}{3.203} = 1.101 \text{ m}$$

$$v_s \doteq \dots \dots 0.610 \text{ m}, v_m > v_s, p'_s (0.01) \text{ m}^2 > p_s (0.01) \text{ m}^2;$$

Vertikal-Geschwindigkeits-Polygon + 2.0 :

$$v_m = \frac{3.1705}{3.125} = 1.015 \text{ m}$$

$$v_s \doteq \dots \dots 0.560 \text{ m}, v_m > v_s, p'_s (0.01) \text{ m}^2 > p_s (0.01) \text{ m}^2;$$

Vertikal-Geschwindigkeits-Polygon - 2.0 :

$$v_m = \frac{3.0672}{3.110} = 0.986 \text{ m}$$

$$v_s \doteq \dots \dots 0.520 \text{ m}, v_m > v_s, p'_s (0.01) \text{ m}^2 > p_s (0.01) \text{ m}^2;$$

Vertikal-Geschwindigkeits-Polygon + 4.0 :

$$v_m = \frac{1.1460}{1.128} = 0.890 \text{ m}$$

$$v_s \doteq \dots \dots 0.740 \text{ m}, v_m > v_s, p'_s (0.01) \text{ m}^2 > p_s (0.01) \text{ m}^2;$$

Vertikal-Geschwindigkeits-Polygon - 4.0 :

$$v_m = \frac{1.3125}{1.429} = 0.918 \text{ m}$$

$$v_s \doteq \dots \dots 0.744 \text{ m}, v_m > v_s, p'_s (0.01) \text{ m}^2 > p_s (0.01) \text{ m}^2.$$

Die Gegensätze der Größen p sind in den symmetrisch angeordneten Lotrechten wenig verschieden, jedoch in den Lotrechten der Uferböschung geringer, als flußeinwärts. Für das Selbststudium ist es zu empfehlen, die hydrometrischen Messungsergebnisse dieses Querprofiles im Sinne unserer Untersuchungen zu verwerten, um ein Bild über den Zusammenhang der Erscheinungen für diesen besonderen Fall zu gewinnen.

Im folgenden sollen die vorstehenden Gleichungen A) bis J) sowie Aa) und Ba) für den Meßquerschnitt Donaukanal, km 205, angewendet und die Ergebnisse in der Tabelle D ersichtlich gemacht werden:

| Post-Nr. | In Untersuchung
gezogene Größen | Wiener Donaukanal, Meßprofil
km 205, $\nabla = 7$ cm | | | Unterschied
der Größt- und
Mindestwerte
in v. H. |
|----------|---|---|-------------|---------------|---|
| | | Lotrechte III | Lotrechte V | Lotrechte VII | |
| 1 | v_m in m | 1.21 | 1.44 | 1.10 | 30.91 |
| 2 | t in m | 4.15 | 4.20 | 4.10 | 2.44 |
| 3 | i | Mittleres relatives Gefälle: J
$J = 0.000345$ 0.000345 | | 0.000345 | 0 |
| 4 | p ($t \times 1$) m^2 in Kg | 309.68 | 443.89 | 252.85 | 75.56 |
| 5 | K ($v_m \times 1$) m^2 in Kg | 1.73 | 2.09 | 1.57 | 33.12 |
| 6 | $\frac{v_m}{2gi} = 0.051 \cdot \frac{v_m}{i} = \frac{p}{K}$ | 179.00 | 212.39 | 161.05 | 31.88 |
| 7 | a_m in Kgm | 374.71 | 639.20 | 278.14 | 129.81 |
| 8 | $\frac{h}{i} = l = \frac{a_m}{K}$ | 216.60 | 305.84 | 177.13 | 72.66 |
| 9 | $u = v_s$ im Abstände
von 0.05 m v. d. Sohle | 0.68 | 0.95 | 0.52 | 82.69 |
| 10 | p_s (0.01) m^2 in Kg | 0.2356 | 0.4600 | 0.1378 | 233.82 |
| 11 | K (0.01) m^2 in Kg | 0.0143 | 0.0145 | 0.0142 | 2.11 |
| 12 | $\frac{p_s}{K}$ (0.01 m^2) | 16.48 | 31.72 | 9.70 | 227.01 |
| 13 | α in Kgm | 309.68 | 443.89 | 252.85 | 75.55 |
| 14 | S in Kg (1) m^2 | 1.43 | 1.45 | 1.42 | 2.11 |

Nach dieser Tabelle, die den Einfluß der Grundwerte v_m , $u = v_s$, t und $i = J$ erkennen läßt, erreicht der Unterschied zwischen den Größt- und Mindestwerten in von Hundert seinen Größtwert für $p_s(0.01)m^2$ mit 233.82 von Hundert; wir entnehmen auch $p_s(0.01)m^2 > K(0.01)m^2$ und zwar 3072.5 von Hundert als Größtwert.

Hervorzuheben wäre, daß nach den Ergebnissen unserer „Untersuchungen von verschiedenen Wasserläufen“ die Größe $p_{s(0.01)m^2}$ bei Wasserläufen mit geringerem Gefälle und größerer Wassertiefe erheblich **größer** ist als der Wert $K_{(0.01)m^2}$, daß jedoch bei größerem Gefälle und geringerer Tiefe der Unterschied zwischen $p_{s(0.01)m^2}$ und $K_{(0.01)m^2}$ wesentlich geringer und sogar $p_{s(0.01)m^2} < K_{(0.01)m^2}$ ist.

Da die Größe $p_{s(0.01)m^2}$, beziehungsweise $p_{s(0.01)m^2} \times u = a_s$, von der Einzelgeschwindigkeit $u = v_s$ abhängig ist und diese bekanntlich innerhalb der Grenzen u_{gmin} und u_{gmax} für ein und denselben Meßpunkt schwankt, so wird in jedem einzelnen Falle die Beziehung zwischen $p_{s(0.01)m^2}$, beziehungsweise a_s und $K_{(0.01)m^2}$ weiteren Schwankungen unterworfen sein.

Wir sind demnach im besonderen Falle immer an die Einzeluntersuchungen gewiesen.

Die Darlegungen dieser Arbeit dürften ausreichen zu dem Nachweise, daß die mit Hilfe unserer Untersuchungsergebnisse ermittelte Methode der Beobachtung als die rationelle Methode der Beobachtung im Flußbau anzusehen ist, und daß der Anwendung dieser Methode keine Hindernisse entgegenstehen.

Die Durchführung hydrometrischer Erhebungen an bestimmten Stellen im Wasserlaufe zur Beschaffung der „grundlegenden“ Werte v_m und t sowie der Einzelwerte u , u_{gmin} , u_{gmax} und i ist bei der hochentwickelten Hydrometrie möglich, daher auch weiters möglich, daß der Flußbau **unmittelbar** durch die Beobachtung an Naturerscheinungen im Sinne unserer Untersuchungsergebnisse seine Lehren zu gewinnen sucht.

Die hydrometrischen Erhebungen zu diesem Zwecke unterscheiden sich ihrem Umfange nach wesentlich von jenen, die den Messungen von Wassermengen zu dienen haben. In vielen Fällen werden die nunmehr unmittelbar für den Flußbau erforderlichen hydrometrischen Messungen in einzelnen Lotrechten an verschiedenen Stellen der Teilstrecke des Wasserlaufes vorzunehmen sein und daher im allgemeinen einen geringeren Aufwand an Mühe, Zeit und Geld erfordern als vielleicht angenommen werden dürfte.

Über die Anwendung unserer Methode der Beobachtung geben die vorliegende Arbeit und der „Beitrag zur Pulsation des Wassers

mit Rücksicht auf den Flußbau“ hinreichende Anhaltspunkte und Aufschlüsse. Die Zusammenfassung der aus den „Untersuchungen über den Zusammenhang der Erscheinungen in Wasserläufen auf Grund hydrometrischer Erhebungen“ gewonnenen Ergebnisse muß einer später zu veröfentlichenden Arbeit vorbehalten bleiben. Um aber in Kürze auf einige dieser Untersuchungsergebnisse schon jetzt hinweisen zu können, sollen im folgenden einige Ergebnisse der Untersuchungen für den Wiener Donaukanal bekanntgegeben werden, und zwar für den Meßquerschnitt IV, *km 2:00*.

Diese Untersuchungen beziehen sich auf die Verteilung der „Arbeitsfähigkeit“ im wagrechten Sinne für zehn Wasserstände.

Im Meßquerschnitte IV, *km 2:00* des Donaukanales, ist die Lotrechte im linken Böschungsfuße mit III und im rechten mit IX bezeichnet, so daß über der linksufrigen Böschung die Lotrechten I und II und über der rechtsufrigen die Lotrechten X und XI und entlang der Sohle die Lotrechten III bis IX angeordnet sind. Ohne näher auf die einzelnen Wasserstände und deren Unterschiede einzugehen, wird angegeben, daß bei dem Wasserstande ∇_5 noch kein Wasserandrang an die linke Uferböschung festzustellen ist und das Wasser ohne besonderen Zwang (durch die seitliche Führung veranlaßt) abfließt. Die Unterschiede von je zwei Ordinaten a in den Lotrechten III und IX, z. B. a_4 und a_8 sind beträchtlich, sowie auch jene in den Böschungslotrechten, z. B. in den korrespondierenden Lotrechten II und X zwischen den Kurven a_8 und a_9 .

Wenn der Wasserstand z. B. von ∇_5 auf ∇_6 , also um $140 - 85 = 55$ *cm* steigt, bleibt im Bereiche des rechten Böschungsfußes die Arbeitsfähigkeit nicht nur unverändert, sondern sie wird sogar auch stellenweise kleiner, während beim linken Böschungsfuß in der Lotrechten III die Arbeitsfähigkeit zwischen ∇_5 und ∇_6 um 231.7 von Hundert zugenommen hat. Der Verlauf der Kurve q_6 (graphische Darstellungen dürften entbehrlich sein)* zeigt in der Lotrechten III eine Überlastung mit bewegtem Wasser an und die Kurve v_6 läßt in dieser Lotrechten deutlich die starke Zunahme der mittleren Geschwindigkeit erkennen. In der Lotrechten IX, beziehungsweise von dieser gegen VIII ist zwar eine Überlastung

* „Beitrag zur Pulsation des Wassers mit Rücksicht auf den Flußbau“ enthält die schematische Darstellung für die Austeilung der Lotrechten.

mit bewegtem Wasser insoferne vorhanden und auch wahrzunehmen, als im trapezförmigen Querschnitt nach den bisherigen Untersuchungsergebnissen im Bereiche der Ecken, d. i. des Böschungsfußes, immer eine Überhöhung der Kurven q eintritt. Allein diese bleibt bei ∇_6 in IX um etwa 89·0 von Hundert gegen III zurück.

Die Kurve v_{m6} zeigt jedoch in der Lotrechten IX trotz des trapezförmigen Querschnittes keine Überhöhung, was mit Rücksicht auf diesen „idealen“ Verlauf der Kurve v_{m6} in der rechten Querschnittshälfte, der sich bei keinem der übrigen Wasserstände wieder einstellt, auf sehr kleine Geschwindigkeiten nächst der Sohle schließen läßt. Durch solche Geschwindigkeiten wird bekanntlich der Wert von v_m wesentlich vermindert, und es wird sich $a_{s6} < a_{s5}$ ergeben. Da in den Lotrechten III und IX die Tiefen bei ∇_6 ungefähr einander gleich und die v_{m6} größer als 1 sind, so gibt hier in der Lotrechten III $v_{m6/III}$ für $a_{6/III}$ den Ausschlag, und es ist $a_{6/III}$ um 130·5 von Hundert größer als $a_{6/IX}$, d. h. $a_{6/III} = 2·3 \times a_{6/IX}$. Die Sohle in der linken Querschnittshälfte steigt eben gegen die Flußmitte an und es ist Wasserandrang gegen die linke Böschung vorherrschend, und zwar nicht nur bei ∇_6 , sondern auch bei ∇_7 , ∇_9 und ∇_{10} ; ∇_8 ist ausgenommen.

Bei dem Wasserstande ∇_8 , d. i. der bordvolle für das einfache Querprofil, sind die Werte v_{m8} , q_8 und a_8 in den Lotrechten III und IX je einander annähernd gleich, doch ist die tiefer gelegene linke Uferböschung hiebei vom stärkeren Wasserandrang getroffen, wodurch auch S_{aI} /vom linken Wasserrand bis III größer als S_{aR} /vom rechten Wasserrand bis IX ist. Überdies ist die ganze linke Querschnittshälfte bei ∇_8 auch stärker mit bewegtem Wasser belastet und somit die Arbeitsfähigkeit in diesem Teile größer als rechts. Dieser Unterschied in der Verteilung der Arbeitsfähigkeit im wagrechten Sinne tritt bei den höheren Wasserständen ∇_9 und ∇_{10} noch deutlicher hervor.

In den in bezug auf die lotrechte Wand gleichliegenden Böschungslotrechten I und XI ergibt sich:

$$a_{I9} = 2·26 \times a_{XI9} \text{ und } a_{I10} = 3·5 \times a_{XI10};$$

es sind eben nicht so sehr die Tiefen als die v_m verschieden. Zu beachten ist, daß in den der lotrechten Wand zunächst angeordneten Lotrechten I_b und XI_b beim linken Ufer $v_{m/10} > 1$ und beim rechten $v_{m/10} < 1$ ist, wodurch sich bei annähernd gleicher Wassertiefe a_{Ib10} viel größer als a_{XIb10} ergeben muß: es ist $a_{Ib10} = 5 \times a_{XIb10}$.

Das größte $a_{m \max}$ für die Breitereinheit ist bei den höheren Wasserständen ∇_7 bis ∇_{10} schon dem Fuße der Böschung, und zwar

dem linken, so nahe gerückt, daß ohne Sicherung dieses Böschungsfußes das einfache Trapezprofil dauernd zu erhalten nicht möglich ist.

Schließlich ist noch hinzuweisen auf die Unterschiede von a_m in den Lotrechten III und IX zwischen

$$\nabla_6 \text{ und } \nabla_7 : (a_{m7} - a_{m6})/III = \frac{1}{3.22} \times (a_{m7} - a_{m6})/IX$$

$$\nabla_7 \text{ und } \nabla_8 : (a_{m8} - a_{m7})/III = \frac{1}{2} \times (a_{m8} - a_{m7})/IX$$

$$\text{und } \nabla_8 \text{ und } \nabla_9 : (a_{m9} - a_{m8})/III = 2.58 \times (a_{m9} - a_{m8})/IX.$$

Die bisherigen Untersuchungen für die **Querschnittstypen I** ergeben:

Solange im trapezförmigen Querprofil eine annähernd wagrechte Sohle sich einstellt, werden auch weniger flache Uferböschungen dauernd erhalten bleiben, beziehungsweise leicht in Stand zu halten sein, weil die Verteilung der „Arbeitsfähigkeit“ des fließenden Wassers bei wechselnden Wasserständen bei der Trapezform in der Weise stattfindet, daß die Größtwerte der „Arbeitsfähigkeit für die Breitereinheit“ doch noch von den Lotrechten des Böschungsfußes flußeinwärts hinreichend entfernt auftreten.

Es ist auch erwiesen, daß in der Verteilung der „Arbeitsfähigkeit“ beim „trapezförmigen Querschnitte“ in ein und derselben Lotrechten des Böschungsfußes bei wechselnden Wasserständen wesentliche Unregelmäßigkeiten in der Zu- und Abnahme der Arbeitsfähigkeit vorkommen, so, daß z. B. bei höherem Wasserstande zwar eine größere Wassermenge für die Breitereinheit abfließt, diese jedoch zu geringerer Arbeit befähigt ist als die kleinere Wassermenge bei niederem Wasserstande.

Gelingt es nicht, „vorhergesehene“ Uferdeckungen rechtzeitig herzustellen und auch die Geschiebeführung derart zu mindern und regelmäßig zu gestalten, daß eine annähernd wagrechte Sohle und die gleichartigen Uferböschungen in ihrer Erhaltung gesichert sind, so werden, da die bei der Verteilung der „Arbeitsfähigkeit“ in trapezförmigem Querschnitte immerhin auftretenden Unregelmäßigkeiten bedeutend genug sind, diese das volle Übergewicht erlangen, wodurch die Veränderung des trapezförmigen Normalprofils, beziehungsweise die Entartung des normalisierten Wasserlaufes hervorgerufen wird.

Nehmen wir an, daß aus irgendeinem Grunde die geringe Geschiebebewegung im Donaukanal bedeutend vermehrt und die örtliche Geschiebebewegung beim Wasserstand ∇_6 in eine allgemeine

übergehen würde, so können wir auf Grund der bisherigen Untersuchungen vorhersagen, daß nun folgende Erscheinungen auftreten müssen:

Beim Steigen des Wassers von ∇_5 bis ∇_6 (um 55 cm) ist, wie die Untersuchungen (nach Tafel X)* ergeben haben, die Arbeitsfähigkeit für die Breitereinheit bei ∇_6 stellenweise sogar kleiner als bei ∇_5 , jedoch beim linken Böschungsfuß in der Lotrechten III bei ∇_6 3·3 mal so groß als bei ∇_5 .

Aus dem Verlaufe der Kurven v_{m6} im rechten Querschnittsteile schließen wir für die Lotrechte IX: $a_{s6} < a_{s5}$, wodurch bei reichlicher Geschiebeführung eine Ablagerung von Geschiebe bei ∇_6 im Bereiche des rechten Böschungsfußes eintreten kann, weil, wie soeben dargetan, beim Steigen des Wassers von ∇_5 auf ∇_6 daselbst eine Abnahme von a_m , beziehungsweise a_s herrscht, und bei der Annahme einer reichlichen Geschiebebewegung von diesem a_m noch ein Teil zur Fortbewegung der Geschiebe verbraucht wird. Somit wird $a_{m6/IX}$ durch die bedeutend vermehrte Geschiebebewegung wesentlich herabgemindert, was bei a_{m6} auch in den übrigen Lotrechten eintreten wird. Da aber in der Lotrechten III beim Steigen des Wassers von ∇_5 auf ∇_6 $a_{m6/III} = 3·3 \times a_{m5/III}$ ist, wird trotz dieses Einflusses der Geschiebebewegung auf den Wert a doch noch $a_{m6/III}$ größer als $a_{m5/III}$ sein.

Die Möglichkeit einer Ablagerung von Geschiebe im Bereiche des rechten Böschungsfußes ist bei ∇_6 unter den gemachten Voraussetzungen vorhanden. Fügen wir noch diese bei, daß der Wasserstand ∇_6 längere Zeit andauere, so könnte durch Geschiebeablagerung am Fuße der rechten Böschung der Übergang von dieser zur Sohle verbessert werden. Diese Verbesserung hätte beim nunmehrigen Steigen des Wassers auf ∇_7 zur Folge, daß zunächst die Kurven v_{m7} und q_7 im Bereiche der Lotrechten IX nicht derart verlaufen würden wie nach Tafel X (ohne Ablagerung). Blicke nun die Überhöhung der Kurve q_7 in der Lotrechten IX aus, das heißt flößen in der durch die Geschiebeablagerung verminderten Tiefe $t_{7/IX}$ nur etwa $9·5 \text{ m}^3/\text{sec}$ ab, so müßte, wenn die verminderte Tiefe $t_{7/IX} = 5·00 \text{ m}$ (also um 12·3 von Hundert kleiner) angenommen wird, $v_{m7/IX} = \frac{9·50}{5·00} = 1·90 \text{ m}$ betragen. Für die angenommene Geschiebeablagerung in IX würde dann $a_{m7/IX} = 0·68 \times 5·00 \times 1·9^3 = 23·32 \text{ PS}$

* Diese Tafel ist der Arbeit „Untersuchungen über den Zusammenhang der Erscheinungen in Wasserläufen auf Grund hydrometrischer Erhebungen“ beigegeben.

sein, während ohne Ablagerung $a_{m7IX} = 28.3$ PS beträgt, also um 21.4 von Hundert größer ist.

Die Kurve a_7 würde im rechten Querschnittsteile zufolge der Verbesserung der Überführung von Böschung zur Sohle durch Ablagerung des Geschiebes anders verlaufen, als auf Tafel X dargestellt ist; es würde das a_{m7max} nicht in der Lotrechten VII vorkommen, sondern mehr gegen die Flußmitte gerückt werden, etwa in die Lotrechte VI, wie bei ∇_6 , oder noch weiter in die Lotrechte V, wie bei ∇_8 .

Durch die Verminderung der Einzelgeschwindigkeiten im Bereiche des rechten Böschungsfußes infolge Ablagerung von Geschiebe (Herbeiführung eines mehr schalenförmigen Querschnittes) daselbst, werden die Einzelgeschwindigkeiten zum mindesten gegen die Lotrechte der Flußmitte eine Vergrößerung erfahren, da die gesamte Wassermenge des Querschnittes für einzelne Wasserstände, so z. B. auch für ∇_7 nicht geändert ist und eine Vertiefung der Sohle oder ein Abrollen der linken Böschung noch nicht angenommen wird. Demzufolge gewinnt die Annahme, daß das a_{m7max} mehr gegen links, und zwar eher gegen die Lotrechte V als gegen VI, verschoben wird, an Wahrscheinlichkeit; auch der absolute Wert von a_{m7max} wird größer sein.

Als weitere Folge ergibt sich die Möglichkeit einer Hebung der Kurve v_{m7} in der Lotrechten III, also im linken Böschungsfuß, und sohin endlich eine allseitige Einflußnahme der Änderungen beim rechten Böschungsfuß auf solche beim linken. Dadurch ändern sich alle Beziehungen für a_m , und zwar nicht nur zwischen den Wasserständen ∇_6 und ∇_7 , sondern auch zwischen ∇_7 und ∇_8 u. s. w., weil Änderungen in den a_m bestimmenden Faktoren verursacht worden sind.

Daß schließlich unter den gemachten Annahmen außer der Aufhöhung des rechten Böschungsfußes auch eine Vertiefung des Böschungsfußes beim linken Ufer eintreten kann, weil das a_{mmax} diesem viel zu nahe gerückt würde, dürfte leicht einzusehen sein. Damit wäre die „Einseitigkeit“ im Verlaufe der Kurve a_m angebahnt und auch die Veränderung des trapezförmigen Querschnittes.

Im Donaukanal ist in Wirklichkeit die Geschiebebewegung nicht sehr bedeutend und auch regelmäßig, die Uferböschungen sind ausreichend künstlich befestigt und die in Betracht kommende Teilstrecke ist gerade. Das Meßprofil IV, km 2.000, kann sich demnach als „trapezförmiges Querprofil“ erhalten. Die Tafel V der

hydrometrischen Erhebungen an der Donau nächst Wien im Jahre 1897 enthält eine Situation des Wiener Donaukanales an der Meßstelle IV, *km* 1·75 bis 2·20, in welcher die Isobathen (Tiefenkurven) in vertikalen Abständen von 0·25 zu 0·25 *m* eingezeichnet sind.

Wird mit Hilfe der Isobathen in *km* 1·75, 1·90, 1·95, 2·00, 2·05 und 2·20 die Form der Querprofile ermittelt, so entspricht diese dem trapezförmigen Querprofile. Es bestehen selbstverständlich Abweichungen von der rein geometrischen Trapezform, indem die Böschungslinie durch gerade, nicht gleich geneigte und auch gebrochene Linien dargestellt wird. Zumeist ist die Ecke des Trapezes (Fuß der Böschung) scharf ausgeprägt.

Die Sohlenlinie stellt sich als eine mehr oder weniger gebrochene Linie dar mit annähernd wagrechter Mittellinie, denn die Tiefen im Böschungsfuße sind ungleich groß, derart, daß im Querprofile in *km* 1·75 die Tiefe in dem linken Böschungsfuße und in *km* 2·20 die Tiefe im rechten Böschungsfuße die größere ist.

Das Längenprofil der Sohle in der Naufahrt ist nicht parallel zum Wasserspiegel und zeigt eine gebrochene Linie. Für das „tatsächliche Nullwasser“ ist auf eine Länge von 830 *m* im Bereiche der Meßstelle ein Gefälle von 0·242 pro Mille erhoben worden.

In den soeben besprochenen sechs Querprofilen ist deren Flächeninhalt *F* nicht gleich groß, somit werden V_m und A_m in den einzelnen Querprofilen verschieden sein, da bei einem bestimmten Pegelstande, z. B. + 7 *cm*, Profilpegel *km* 2·00, für alle Querprofile die sekundliche Abflußmenge *Q* gleich ist.

Folgende Tabelle gibt darüber Aufschluß:

| Querprofil | Pegelstand
<i>cm</i> | Q
m^3 | F
m^2 | $V_m = \frac{Q}{F}$
<i>m</i> | $A_m = \gamma \cdot Q \frac{V_m^2}{2g} \times \frac{1}{75} PS$
$= 0\cdot68 F V_m^3 PS$ |
|-------------------|-------------------------|--------------|--------------|---------------------------------|---|
| In <i>km</i> 1·75 | + 7 | 209·0 | 160·0 | <u>1·306</u> | <u>242·4</u> |
| „ „ 1·90 | + 7 | 209·0 | 165·0 | 1·266 | 227·9 |
| „ „ 1·95 | + 7 | 209·0 | <u>180·0</u> | <u>1·161</u> | <u>191·5</u> |
| „ „ 2·00 | + 7 | 209·0 | 164·0 | 1·274 | 230·7 |
| „ „ 2·05 | + 7 | 209·0 | 174·0 | 1·201 | 205·0 |
| „ „ 2·20 | + 7 | 209·0 | <u>160·0</u> | <u>1·306</u> | <u>242·0</u> |

Die Unterschiede zwischen den kleinsten und größten Werten betragen:

$$\begin{array}{l} \text{Für } F: 180\cdot0 - 160\cdot0 = 20 \text{ m}^2, \quad \text{d. s. } 12\cdot5 \text{ v. H.}, \\ \text{„ } V_m: 1\cdot306 - 1\cdot161 = 0\cdot145 \text{ m}^2, \quad \text{„ „ } 12\cdot5 \text{ „ „} \\ \text{„ } A_m: 242\cdot4 - 191\cdot5 = 50\cdot9 \text{ PS}, \quad \text{„ „ } 26\cdot6 \text{ „ „} \end{array}$$

Aus den bisherigen Untersuchungen ist bei $+ 7 \text{ cm}$ Pegelstand nur für das Querprofil in $km 2\cdot05$ die Verteilung von $A_m = 205\cdot0 \text{ PS}$ für die Breitereinheit und die Tiefe bekannt (beiliegende Tafel). Zu beachten ist, daß bekanntlich ein Unterschied zwischen A_m und A (auf Grund der v_m in den einzelnen Lotrechten ermittelt; es unterscheidet sich wieder von A' , das auf Grund der Einzelgeschwindigkeiten gebildet ist) besteht.

Stellen wir zunächst fest, daß im Querprofil $km 2\cdot05$ unter den 6 Querprofilen die linksseitige Böschungslinie am stärksten geneigt ist und der Fuß der Böschung am tiefsten liegt, so können wir daraus folgendes schließen:

In der Lotrechten des Böschungsfußes beim linken Ufer im Profile $km 2\cdot05$ wird die Arbeitsfähigkeit a_m für die Breitereinheit insoferne einen Größtwert vorstellen, als er in keiner der Lotrechten des Böschungsfußes bei den übrigen Querprofilen erreicht wird, wenn auch in den Querprofilen in $km 1\cdot75$ und $km 2\cdot20$ das gesamte Arbeitsvermögen des Profiles A_m um $18\cdot2$ von Hundert größer ist als für das Querprofil $km 2\cdot05$.

Wie nach den Untersuchungen bereits bekannt ist, übt die Form des Querschnittes einen maßgebenden Einfluß auf die Verteilung der „Arbeitsfähigkeit“ entlang der Spiegelbreite aus, welcher auch in diesem Falle zu beachten ist und obige Folgerung zu begründen vermag. Daß hierbei der Umfang der hydrometrischen Erhebungen für unsere Zwecke nicht ausreicht, ist begreiflich, denn sie dienten bekanntlich der Messung von Wassermengen im Wiener Donaukanale.

Notwendig ist es, über die **Dauer***) von Wassermessungen Klarheit zu schaffen, wozu wieder das zuvor erwähnte Werk „Die Entwicklung der Hydrometrie in der Schweiz“ benutzt wird, und zwar:

*) Die Zeit für die Vorbereitungen der Messungen ist hier nicht berücksichtigt.

Tabelle E.
Ergebnisse der Wassermessungen mit elektrischem Flügel.

| Post-Nr. | Bezeichnung des Wasserlaufes, bezw. der Meßstelle | Wasserspiegelbreite in m | GröÙte Tiefe in m | Anzahl von Meßlocrechten | Anzahl von Messungspunkten in den Locrechten | Wassermenge per Sekunde in m ³ | der Wassermessung | |
|----------|---|--------------------------|-------------------|--------------------------|--|---|-------------------|------------|
| | | | | | | | Datum | Dauer |
| 1 | Kanal im Richstollen des Simplon-Tunnels bei Iselle | 1-005 | 0-444 | 5 | 5 | 1-122 | 27. VIII. 1902 | 1 h 03 min |
| 2 | Zuleitungskanal der Kraftübertragungswerke Rheinfelden | 55-730 | 4-673 | 17 | 10 bis 11 | 455-536 | 6. II. 1904 | 5 h 20 min |
| | | | | | | | | 9 h 8 min |
| 3 | Rhein unterhalb den Kraftübertragungswerken Rheinfelden | 159-90 | 3-896 | 29 | 2 bis 10 | 431-369 | 2. II. 1904 | 9 h 8 min |
| 4 | Taver-Bach „im Grund“ am Simplon | 2-21 | 0-253 | 6 | 4 bis 5 | 0-171 | 12. III. 1903 | 1 h 27 min |
| 5 | Rhone bei Zehnhäusern | 14-69 | 1-181 | 16 | 5 bis 6 | 5-974 | 27. II. 1903 | 4 h 35 min |
| 6 | Simme bei Wimmis | 17-65 | 0-758 | 16 | 4 bis 7 | 6-199 | 2. II. 1904 | 3 h 10 min |
| 7 | Turbineinlauf Nr. 11 der Kraftübertragungswerke Rheinfelden | 5-50 | 5-144 | 10 | 13 bis 14 | 16-723 | 2. IX. 1906 | 4 h 50 min |
| 8 | Mühlbach bei der Mühle Dür in Burgdorf | 3-63 | 0-748 | 7 | 6 | 2-701 | 2. IX. 1905 | 1 h 12 min |
| 9 | Kanal des städtischen Elektrizitätswerkes Aarau | 15-89 | 2-789 | 9 | 6 bis 7 | 38-136 | 20. XI. 1905 | 1 h 39 min |
| 10 | Wasserserkanlage der Manufaktur Festi-Rasini in S. Giovanni Lupatoto. | 10-55 | 3-243 | 11 | 3 bis 8 | 23-746 | 14. VIII. 1904 | 2 h 13 min |

Weiters ist aus diesem Werke die auf Seite 63 angegebene Tabelle beizufügen notwendig, um die Dauer der Messung in einer Lotrechten kennen zu lernen.

Mit Bezug auf diese Tabelle heißt es in diesem Werke:

„Um sich über den Genauigkeitsgrad Rechenschaft geben zu können, der einerseits durch die möglichste Berücksichtigung der Pulsation des Wassers und anderseits durch ein abgekürztes Meßverfahren erzielbar ist, sind am Rhein bei Rheinfeldern je drei Ordinaten, nach beiden Methoden unmittelbar nacheinander durchgemessen worden. Die hierbei zutage getretenen Ergebnisse waren die folgenden:

| Entfernung der Ordinate vom linken Ufer in <i>m</i> | Wassertiefe in <i>m</i> | Anzahl der Messungspunkte | Dauer der Messung in Minuten | Mittlere Ordinatengeschwindigkeit in <i>m</i> pro Sekunde |
|---|-------------------------|---------------------------|------------------------------|---|
| 30 | 2·93 | 8 | 17 | 1·181 |
| 30 | 2·93 | 8 | 4 | 1·185 |
| 95 | 3·92 | 9 | 18 | 1·507 |
| 95 | 3·92 | 9 | 4 | 1·508 |
| 140 | 1·96 | 6 | 15 | 0·809 |
| 140 | 1·96 | 6 | 3 | 0·815 |

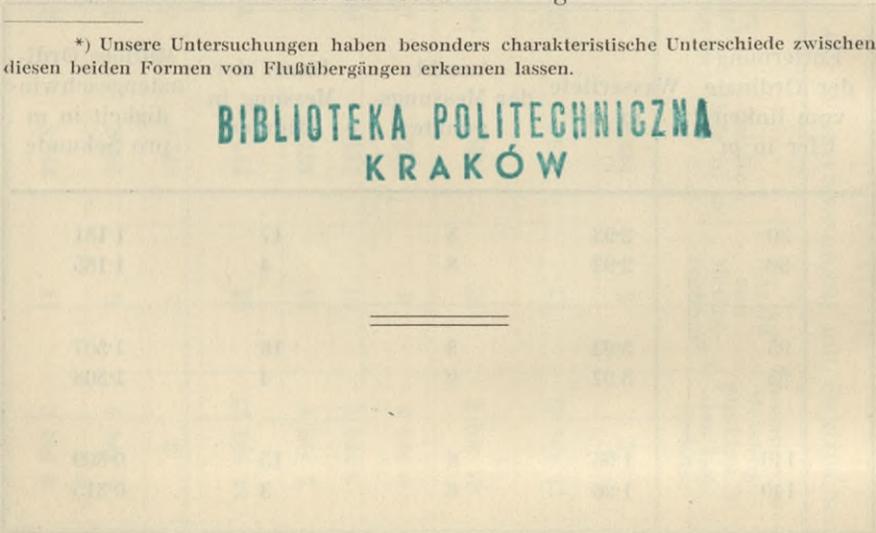
Wie aus der Tabelle ersichtlich, hielten sich die Geschwindigkeits-Unterschiede in sehr kleinen, praktisch kaum in Betracht fallenden Grenzen.“

Hierzu geben wir an, daß in diesen drei Lotrechten die Unterschiede der mittleren Ordinatengeschwindigkeiten zwischen 0·07 und 0·74 von Hundert schwanken, jedoch die der „Arbeitsfähigkeit für die Breitereinheit“ sich in den Grenzen von 0·09 bis 2·24 von Hundert bewegen.

Aus vorliegender Arbeit erkennen wir den Wert des durch unsere Beobachtungsmethode begründeten Untersuchungsverfahrens, welches sicher und genau über den jeweiligen Zustand im Wasserlaufe und dessen Veränderungen Aufschluß zu geben vermag. Dieses besondere Untersuchungsverfahren wird im Flußbau nicht mehr entbehrt werden können, so z. B. zur Untersuchung des „guten“ und „schlechten“ Passes (nach Girardon*), und zweifellos den Fortschritt auf diesem Gebiete fördern.

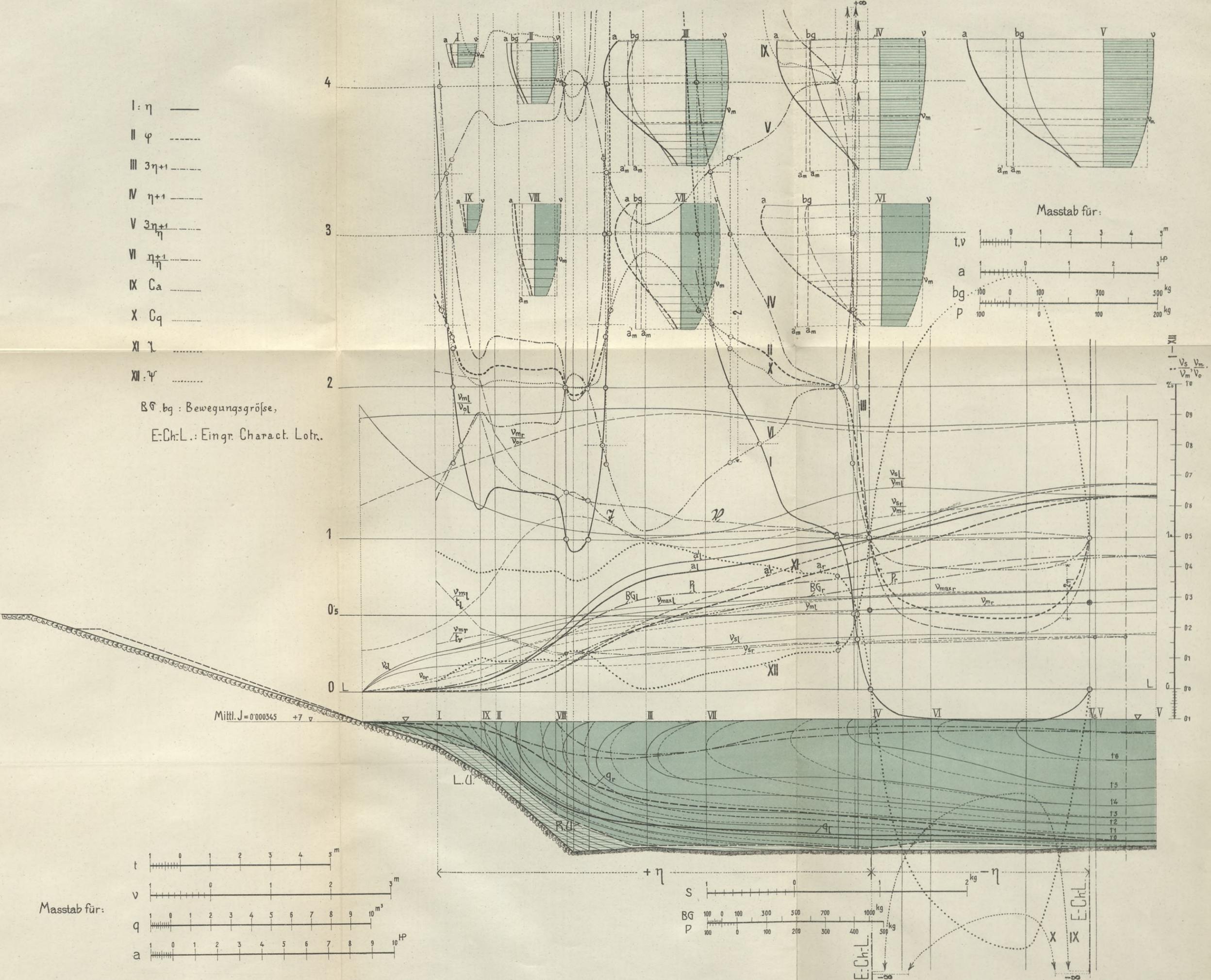
Wir schließen diese Arbeit in der sicheren Erwartung, daß die rationelle Methode der Beobachtung sowohl in der Praxis des Flußbaues als bei seinem Unterrichte ausgewertet werde, zur Anbahnung einer gleichen Sicherheit bei Behandlung der im Flußbau im Interesse des Volkswohles zu lösenden Fragen.

*) Unsere Untersuchungen haben besonders charakteristische Unterschiede zwischen diesen beiden Formen von Flußübergängen erkennen lassen.

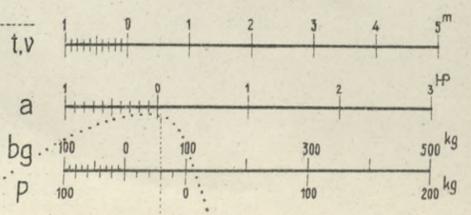


- I: η ———
- II φ - - - -
- III $3\eta+1$ - - - -
- IV $\eta+1$ - - - -
- V $3\eta+1$ - - - -
- VI $\eta+1$ - - - -
- IX C_a - - - -
- X C_q - - - -
- XI γ - - - -
- XII ψ - - - -

BG .bg : Bewegungsgröße,
 E-Ch-L.: Eingr. Charact. Lotr.

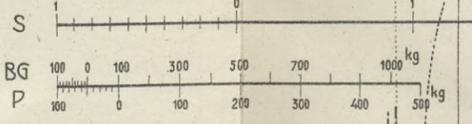
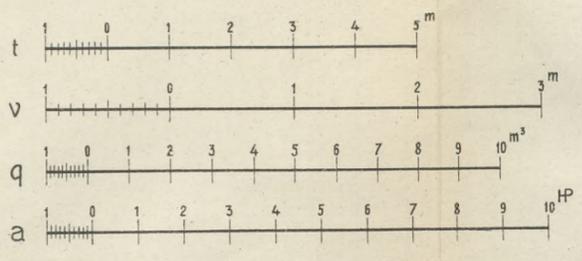


Masstab für:



Mittl. J = 0'000345 +7 v

Masstab für:



E-Ch-L.
 X IX

96-59

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297500