

STUDIE

über die

Bestimmung

der

Normalprofile geschiebeführender Gewässer.

Von

Richard Siedek

k. k. Ober-Baurat im Ministerium des Innern.

— Hiezu vier Tafeln. —



WIEN

WILHELM BRAUMÜLLER

k. u. k. Hof- und Universitäts-Buchhändler

1905.



1911

75-1

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000305822

STUDIE

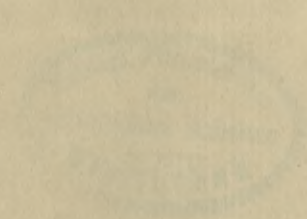
Bestimmung

Normalprofile geschiebeführender Gewässer

Richard Siedek

Dr. phil. habil. o. ö. öffentl. Assistent

Lehrstuhl für

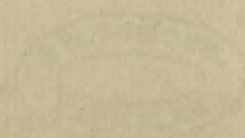


1911

WILHELM FRIEDRICH

Dr. phil. habil. o. ö. öffentl. Assistent

1911



1911^x

STUDIE

über die

Bestimmung

der

Normalprofile geschiebeführender Gewässer.

Von

Richard Siedek

k. k. Ober-Baurat im Ministerium des Innern.

== Hiezu vier Tafeln. ==



Just. No. 27425.

WIEN

WILHELM BRAUMÜLLER

k. u. k. Hof- und Universitäts-Buchhändler

1905.



9.41
39

x
1911

STUDIE
KRAKÓW
POLITECHNICAL
SONDER-ABDRUCK AUS DER »ZEITSCHRIFT DES ÖSTERR. INGENIEUR-
UND ARCHITEKTEN-VEREINES« 1905, NR. 5 u. 6.



III 33615

Druck von R. Spies & Co. in Wien.

Akc. Nr. 3955/50

In meiner Abhandlung über die „natürlichen Normalprofile der fließenden Gewässer“*) habe ich darauf hingewiesen, daß das Profil des idealen oder sogenannten Normalgewässers, nämlich jenes Gewässers, das sich in einem vollkommen plastischen Materiale bewegt, von der Wassermasse und dem Gefälle abhängig ist, und des weiteren dann gefolgert und nachgewiesen, daß die Profilform eine Funktion der Erosionskraft ist, d. i. jener Kraft, welche das Normalprofil des Gewässers auszubilden imstande ist. Ich habe ferner auch die Behauptung aufgestellt, daß, falls es gelingen sollte, das Verhältnis der Geschwindigkeitsverminderung durch die Geschiebeführung, respektive die Gefällsverminderung rechnerisch festzustellen, man auch in der Lage sein würde, für alle natürlichen Gewässer, die sich in plastischen Betten bewegen, sonach Geschiebe führen, die natürlichen Normalprofile zu bestimmen. Die durch die Geschiebeführung eintretende Geschwindigkeitsverminderung ist aber selbstverständlich gleich jener Geschwindigkeitsvermehrung, die notwendig ist, damit ein Gewässer fähig wird, Geschiebe in Bewegung zu setzen und zu erhalten. Man kann also die früher angeführte Behauptung auch so ausdrücken, daß, falls es gelingen sollte, die für die Geschiebeführung erforderliche Geschwindigkeitsvermehrung, respektive Gefällsvermehrung festzustellen, man in der Lage sein würde, für alle geschiebeführenden Gewässer die natürlichen Normalprofile zu bestimmen. Die Lösung dieser Aufgabe ist nun das Thema der vorliegenden Abhandlung.

Wenn ich gesagt habe, daß die Profilform eine Funktion der Erosionskraft ist, so verstand ich unter letzterer allgemein die lebendige Kraft des Gewässers, welche den Impuls zur Bettformung gibt. Nimmt die Erosionskraft eines Gewässers zu, das ist bei steigendem Wasser, so tritt, wie wir wissen, gegenüber dem Beharrungszustande eine Deformation in der Sohle ein, indem die Geschiebe entsprechend der Zunahme der Kraft je nach ihrer Größe mitgerissen werden. Besteht die Sohle aus Geschieben von verschiedenen Größen, so werden naturgemäß zuerst die kleineren und dann bei konstanter Zunahme der Kraft immer größere Geschiebe in Bewegung gesetzt. Ebenso findet folgegemaß bei fallendem Wasser, d. i. bei Abnahme der Kraft eine Ablagerung der Geschiebe statt, indem sich zuerst die großen und sukzessive immer kleinere Geschiebe ausscheiden und zu Boden sinken. Auf diese Art ist die zuletzt herrschende Kraftgröße gewissermaßen der Maßstab für die Maximalgröße der geschleppten oder zur Ablagerung gebrachten Geschiebe. Man sieht daraus, daß die Geschiebegröße eine Folge der Erosionskraft, somit in bezug auf die Flächeneinheit eines Querprofils auch ein von der Geschwindigkeit abhängiger Wert ist.

Nimmt man nun verschiedene Geschwindigkeitsstufen an, so werden diesen auch verschiedene Geschiebegrößen zukommen, die je nach den Geschwindigkeiten fortgeschleppt, bzw. abgelagert werden, und ebenso wieder ist es unzweifelhaft, daß bei gleichen Geschwindigkeiten Geschiebe gleicher Größe fortgeschleppt, bzw. abgelagert werden.

Wenn hier gesagt wird, daß bei gleicher Geschwindigkeit Geschiebe gleicher Größe fortgeschleppt werden, so ist das nur in der Weise aufzufassen, daß die Maximalgröße

der Geschiebe gleich ist, während es wohl selbstverständlich bleibt, daß alle kleineren Geschiebe als die in Betracht gezogene Maximalgröße gleichfalls mitgeschleppt werden, nachdem in geschiebeführenden Gewässern sich das Geschiebe aus allen Korngrößen bis eben zum Maximalkorn zusammensetzt. Ebensowenig soll mit vorigem auch gesagt worden sein, daß bei gleicher Geschwindigkeit auch bloß Geschiebe von nur gleicher Größe zur Ablagerung gelangen, sondern es ist auch hier bloß das der Geschwindigkeit entsprechende Maximalkorn gemeint, denn die große Unebenheit bei der Ablagerung größerer Geschiebe führt es herbei, daß sich die Zwischenräume mit feineren Geschieben ausfüllen und verschleimen. Den Charakter für die Ablagerung wird aber immer das der Geschwindigkeit entsprechend zur Ausscheidung gelangte Maximalkorn des Geschiebes geben.

Nach Dubat hört die Fortbewegung der Sinkstoffe auf, wenn die Geschwindigkeit des Wassers sich bis zu einem bestimmten Maße verringert, u. zw.

die von anisgroßen Sandkörnern bei einer Geschwindigkeit von	0.108 m,
die von erbsengroßen Geschieben bei einer Geschwindigkeit von	0.189 „
die von bohngroßen Geschieben bei einer Geschwindigkeit von	0.325 „
die Fortbewegung von Geschieben von einer Größe von 0.027 m bei einer Geschwindigkeit von	0.650 „
und von Geschieben von Hühnereigröße bei einer Geschwindigkeit von	0.975 „

Auf Grund dieser Ergebnisse läßt sich nun für die hier des weiteren festzuhaltenden Normen im allgemeinen nachstehende Klassifikation aufstellen, u. zw. die Fortbewegung der Sinkstoffe hat aufgehört für

feinkörnige Geschiebe bis zu Bohngroße bei einer mittleren Profilvergeschwindigkeit von	0.35 m,
für kleine Geschiebe bis zu Wallnußgröße bei einer mittleren Profilvergeschwindigkeit von	0.65 „
für mittlere Geschiebe bis zu Hühnereigröße bei einer mittleren Profilvergeschwindigkeit von	1.00 „
für grobe Geschiebe bis zu Faustgröße bei einer mittleren Profilvergeschwindigkeit von	1.40 „

In diesen vier angenommenen Kategorien der Geschiebe erscheinen alle jene Größenverhältnisse enthalten, welche für eine regelmäßige Bettbildung geschiebeführender Flüsse im allgemeinen in Betracht fallen, und sind, wie man später sehen wird, die Unterteilungen genügend gewählt, um die einzelnen Fälle charakteristisch zu unterscheiden und annähernd genau präzisieren zu können. Auch sei bemerkt, daß bei voriger Klassifikation die mittlere Profilvergeschwindigkeit eingeführt wurde, welche erfahrungsgemäß in Schalenprofilen — und bloß solche sollen hier in Betracht fallen — nur um wenig größer ist als die Geschwindigkeit an der Sohle in den tiefsten Punkten des Profils, somit diese Geschwindigkeit jenes Stadium bezeichnet, bei dem die nach der Geschiebeklassifikation für jeden Einzelfall angeführten Geschiebegrößen auch an den tiefsten Profilstellen aufgehört haben, sich weiter zu bewegen, somit bereits abgelagert sind.

Daß an der ganzen Sohle des Querprofils keine vollkommen gleichmäßige Ablagerung von Geschieben gleicher Korngröße stattfindet, ist wohl einzusehen, nachdem bei einem symmetrischen Profile in der Mitte die größte Sohlen-

*) „Die natürlichen Normalprofile der fließenden Gewässer“. Von R. Siedek. Wien 1902, Wilhelm Braumüller.

geschwindigkeit herrscht, diese sukzessive gegen das rechte und linke Ufer hin abnimmt und daher die zur Ablagerung gelangenden Geschiebe ihrer Größe nach von der Mitte zu den Ufern abnehmen werden. Immer charakterisiert aber rücksichtlich der Geschiebeführung die mittlere Profilschwwindigkeit einen ganz bestimmten Zustand, in dem sich das Querprofil eines Gewässers befindet, und zwar in prägnantester Weise für jene Partie der Sohle, die sich nahe der Mitte oder, allgemein ausgedrückt, nahe der Lage des Stromstriches befindet. Diese Partie ist es auch, die bei Variationen der Form des Querprofils in geschiefeführenden Gewässern den größten Veränderungen unterliegt.

Es ist offenbar jenes geschiefeführende Gewässer als in einem idealen Zustande zu betrachten, in welchem die mittlere Geschwindigkeit und somit auch die Geschiebebewegung eine vollkommen gleichmäßige ist, daher Ablagerung und Abtragung nicht fortwährend wechseln, somit keine Entartungen der Sohle und der Stromrichtung eintreten, sondern sowohl die Sohlenform als auch die Lage des Stromstriches eine konstante bleibt. Da aber natürliche Flüsse einer großen Zahl von Einflüssen unterworfen sind, die auf die Bettgestaltung ungünstig wirken, und jede Änderung im Regime nur zu weiteren Veränderungen führt, so ist bei diesen Gewässern ein idealer Zustand für längere Strecken nicht zu finden, und kann ein solcher nur auf künstlichem Wege herbeigeführt werden, indem den die Veränderungen herbeiführenden Kräften durch Bauten entgegengewirkt wird. Um dies aber durchführen zu können, ist es erforderlich, das Normalprofil des Gewässers zu kennen, dasjenige Profil, welches eine gleichmäßige Fortbewegung des Geschiebes bei einem ausgeglichenen Gefälle herbeiführt.

Schon in meiner eingangs angeführten Studie habe ich unter Berufung auf Girardon das vollkommen regelmäßige Furtprofil als das Normalprofil eines Gewässers bezeichnet, doch trifft dies nur insoweit zu, als das Furtprofil wohl die normale Form, d. i. das charakteristische Verhältnis der Breite zur Tiefe entsprechend dem Gefälle annimmt, wobei letzteres aber nicht als normales Gefälle angesehen werden kann, wenn man darunter das mittlere Gefälle einer Strecke versteht. Vor allem handelt es sich aber darum, mit Rücksicht auf die Geschiebeführung eine Relation festzustellen, welche die Profilform präzisiert.

Für die Abflußmenge in einem Profile eines Gewässers besteht die Relation

$$Q = T \cdot B \cdot v \dots \dots \dots 1),$$

d. h. die Wassermenge ist gleich dem Produkte aus der mittleren Geschwindigkeit, der mittleren Tiefe und der Wasserspiegelbreite, somit auch, da die mittlere Geschwindigkeit allgemein als eine Funktion des Gefalles und der mittleren Tiefe $v = f(TJ)$ anzusehen ist:

$$Q = f(TJ) \cdot B \cdot T \dots \dots \dots 2).$$

Faßt man ein zweites Profil dieses Gewässers ins Auge, das eine von ersterem abweichende Wassermenge sowie ein anderes Gefälle besitzt, so ist die Profilform, d. h. die Breite und Tiefe des zweiten berechenbar, sobald die Form des ersten Profils bekannt und das Verhältnis zwischen Gefälle und mittlerer Tiefe in beiden Profilen gegeben ist. Diese Relation läßt sich auf folgende Weise ermitteln. Wie wir wissen, wird die lebendige Kraft bekanntlich ausgedrückt durch die Relation

$$L = M \gamma \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 3),$$

worin M die Menge, γ das spezifische Gewicht, v die Geschwindigkeit und g die Akzelleration der Schwere bedeutet.

Da nun $\frac{v^2}{2g}$ die Fallhöhe darstellt, die in den von uns zu betrachtenden Fällen allgemein genommen dem Gefälle (J)

gleichkommt, und man M durch die Fläche F und die Geschwindigkeit v ausdrücken kann, so schreibt sich die Gleichung auch

$$L = F \cdot v \cdot \gamma \cdot J \dots \dots \dots 4)$$

und bedeutet dieselbe die Größe der lebendigen Kraft des Gewässers in einem bestimmten Querprofile bei einer bestimmten Wassermenge pro Sekunde.

Denken wir uns nun die Wassermenge in einem bestimmten, ihrer Geschwindigkeit entsprechenden Zustande der Sättigung mit Sinkstoffen, bezw. Geschieben und gleichzeitig an der Sohle einen Widerstand auftreten, so wird die lebendige Kraft vermindert und sonach die Gleichung 4 übergehen in

$$L^1 = F \cdot v^1 \cdot \gamma^1 \cdot J \cdot K \dots \dots \dots 5),$$

wobei sich naturgemäß die größten Sinkstoffe der Größe des eingetretenen Widerstandes entsprechend ausscheiden werden und die Geschwindigkeit gleichfalls proportional einen minderen Wert annehmen wird. Infolge letzteren Umstandes wird sich auch nach der Relation $\frac{v^2}{2g} = J$ das Gefälle ändern, weshalb in Gleichung 5 der Koeffizient K eingeführt worden ist.

Die Differenz dieser durch Gleichung 4 und 5 gegebenen Kraftgrößen drückt den Einfluß des Widerstandes auf die Wassermenge aus und ist durch die Gleichung

$$\Delta = L - L^1 = FJ(v\gamma - v^1\gamma^1K) \dots \dots 6)$$

gegeben.

Dividiert man diese Differenz durch die Profillbreite (Wasserspiegelbreite), so erhält man die Größe des Einflusses des Widerstandes pro laufendes Meter der Profillbreite als Mittelwert, somit

$$\frac{\Delta}{B} = \frac{FJ}{B}(v\gamma - v^1\gamma^1K) \dots \dots \dots 7).$$

Damit zwischen dem Widerstande und dem von ihm herbeigeführten Kraftverluste der Wassermenge Gleichgewicht herrsche, ist es unbedingt notwendig, daß die Momente dieser beiden Kräfte einander gleich sind.

Der Widerstand W wirkt bei flüssigen Körpern am stärksten an der Sohle und nimmt, wie wir aus den bei Messungen erhobenen Vertikalgeschwindigkeitskurven entnehmen können, mit der Höhe ab. Wir können hiefür somit eine Resultierende in einem bestimmten Abstände a (siehe Text-Abb. 1) von der Sohle setzen. Die lebendige Kraft da-

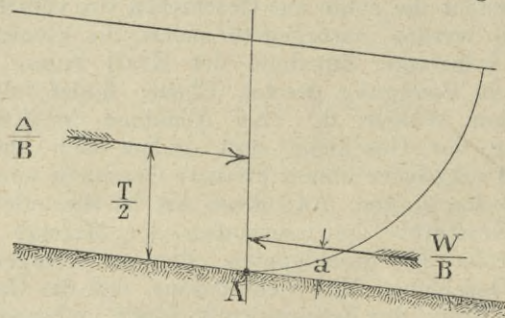


Abb. 1.

gegen und somit auch die durch die Gleichung 6 ausgedrückte Kraft wirkt im Schwerpunkte und mit Rücksicht auf den hier zu berücksichtigenden Mittelwert daher in der halben Tiefe. Wenn nun Gleichgewicht vorhanden sein soll, so muß

$$\frac{\Delta}{B} \frac{T}{2} = \frac{W a}{B} = \frac{FJT}{2B}(v\gamma - v^1\gamma^1K) \dots \dots 8)$$

sein, wenn beide Kräfte an einem Hebel wirken, dessen Stützpunkt nach Abb. 1 in A an der Sohle gedacht ist.

Fassen wir nun einen zweiten Fall ins Auge, wo die Geschiebesättigung und Ablagerung die gleiche ist, sonach

auch die Geschwindigkeit die gleiche sein muß, indes die Menge eine andere und somit auch das Gefälle ein anderes ist, so ergibt sich für diesen Fall die durch Gleichung 8 gegebene Relation, wie folgt:

$$\frac{W_1 a_1}{B_1} = \frac{F_1 J_1 T_1}{2 B_1} (v \gamma - v^1 \gamma^1 K_1) \dots 9)$$

Infolge der Bedingung der gleichen Geschiebesättigung und Ablagerung ist es aber auch erforderlich, daß der Widerstand per laufendes Meter des Querprofils der gleiche ist, somit die unter Gleichung 8 und 9 aufgestellten Ausdrücke rechts vom Gleichheitszeichen auch einander gleichgestellt werden können, woraus sich sodann die Bedingungsgleichung für die Gleichheit der Widerstände in den beiden Profilen ergibt:

$$\frac{F J T}{B} (v \gamma - v^1 \gamma^1 K) = \frac{F_1 J_1 T_1}{B_1} (v \gamma - v^1 \gamma^1 K_1) \dots 10)$$

Löst man in dieser Bedingungsgleichung den Wert F , die Fläche, in die Faktoren Breite B und Tiefe T auf und setzt für den Klammerausdruck λ , bzw. λ_1 , so erhalten wir

$$\lambda T^2 J = \lambda_1 T_1^2 J_1 \dots 11)$$

oder auch

$$\frac{\lambda}{\lambda_1} \frac{T^2}{T_1^2} = \frac{J}{J_1} \dots 12)$$

Da wir wissen, daß die Werte λ und λ_1 nur sehr wenig voneinander verschieden sind, so lautet die Bedingung für die Gleichheit der Widerstände, bzw. für die gleiche Geschiebeablagerung in den beiden Profilen im allgemeinen dahin, daß sich die Quadrate der Tiefen umgekehrt wie die Gefälle verhalten müssen.

Zu dieser Bedingung kann man auch gelangen, sobald derselbe Weg betreten wird, den Du Bois behufs Berechnung der Schleppkraft des Wassers eingeschlagen hat. *)

Ist nämlich m die Masse eines Wasserfadens und v seine Geschwindigkeit, so ist in den Zeiteilchen dt der Zuwachs an lebendiger Kraft

$$\frac{m}{2} [(v + dv)^2 - v^2] = m v dv \mu \dots 13),$$

wenn $\mu = \left(1 + \frac{dv}{2v}\right)$ gesetzt wird. Letzteren Ausdruck hat Du Bois seiner Kleinheit wegen weggelassen, er soll aber hier beibehalten werden. Da nun $\frac{dv}{dt} = g J$ ist, so kann der durch Gleichung 13 bestimmte, durch die Arbeit des Widerstandes aufgehobene Zuwachs an lebendiger Kraft ausgedrückt werden durch $\mu \cdot m \cdot g \cdot J \cdot v \cdot dt$, und ist daher die verzögernde Kraft bezogen auf den Wasserfaden $\mu \cdot m \cdot g \cdot J$ und bezogen auf ein Prisma von $1 m^2$ Grundfläche $\mu \cdot M \cdot g \cdot J$.

Setzt man ferner in diesem Ausdruck für $M = \frac{1000 T}{g}$, so schreibt sich derselbe $\mu \cdot 1000 \cdot T \cdot J$, und sobald berücksichtigt wird, daß diese verzögernde Kraft im Abstände $\frac{T}{2}$ von der Sohle, d. i. im Schwerpunkte des Prismas wirkt, ist das Moment derselben

$$\mu \cdot 1000 \cdot \frac{T^2}{2} J = W \cdot a \dots 14),$$

gleich der Größe der Resultierenden der Widerstände mal ihrem Abstände von der Sohle.

Ist in einem zweiten Falle das Widerstandsmoment das gleiche, die Masse jedoch verschieden, so ergibt sich für beide Fälle die Relation

$$\mu T^2 J = \mu_1 T_1^2 J_1 \dots 15),$$

ein ganz gleichgebauter Ausdruck wie der, welcher mit Gleichung 11 gefunden wurde. Dieser Ausdruck führt somit zu demselben Resultate, nämlich, daß, falls die Widerstände gleich sind, die Quadrate der Tiefen sich zu verhalten haben wie umgekehrt die Gefälle. Denn auch hier ist der Unterschied zwischen μ und μ_1 ein sehr geringer. Da mithin für den Fall gleicher Geschiebeführung in voneinander verschiedenen Profilen eine Relation aufgestellt werden konnte und somit auch das Verhältnis zwischen Gefälle und Tiefe bei gleicher Geschiebeführung präzisiert ist, ist es des weiteren noch nötig, diese Relation auch bei den von mir aufgestellten Normalprofilen als zutreffend nachzuweisen.

In meiner bereits mehrfach zitierten Abhandlung über die Normalprofile habe ich als Relation für die in denselben auftretende Geschwindigkeit die Gleichung des sogenannten idealen Gewässers aufgestellt, welche die Form

$$v = c \cdot T \cdot \sqrt{J} = \frac{T \cdot \sqrt{J}}{\sqrt[20]{B \sqrt{0.001}}} \dots 16)$$

besitzt.

Wäre dieses die Gleichung für ein bestimmtes Normalprofil, so lautete für ein zweites Profil von verschiedener Abflußmenge, jedoch von gleicher Geschwindigkeit und Geschiebeführung die Gleichung

$$v = c_1 T_1 \sqrt{J_1} \dots 17).$$

Man kann nun diese Ausdrücke einander gleich setzen und gelangt, da auch hier c von c_1 sehr wenig verschieden ist, zu demselben Resultate wie bei Gleichung 12 und 15, d. h. daß sich unter der Voraussetzung von gleicher Geschiebeführung die Gefälle verhalten müssen wie umgekehrt die Quadrate der mittleren Tiefen. Meine „Normalprofile für gleiche Geschwindigkeiten“ entsprechen somit der gestellten Bedingung.

Nachdem aber diese Profile, was das Breiten- zum Tiefenverhältnis anbelangt, wie in der Abhandlung über die Normalprofile erwiesen wurde, den idealen Furtprofilen gleich sind, so entsprechen gewiß auch die Breiten meiner Normalprofile dem Gleichgewichtszustand geschiebeführender Flüsse und das umsomehr, als ja die von mir aufgestellte Relation für das Verhältnis der Breite zur Tiefe

$$Tn = \sqrt{0.0175 B - 0.0125} \dots 18)$$

aus über 500 Beispielen verschiedenster Art abgeleitet worden ist.

Allerdings ist hiebei nicht zu übersehen, daß meine Formel mit den sie ergänzenden Gleichungen nur auf empirischem Wege gefunden wurde, doch kann in den günstigen Resultaten, die damit erzielt worden sind, ein Beleg für die Genauigkeit der Näherungswerte, die sie bietet, gefunden werden. Aus demselben Grunde können die Resultate der weiters hier anzustellenden Deduktionen auch immer nur als Näherungsergebnisse betrachtet werden, doch wird der gleichzeitig anzustellende Vergleich mit tatsächlichen Verhältnissen den Grad der Genauigkeit der auf diesem hier vorgezeichneten Wege gefundenen Resultate erweisen können.

Auf Grund dieser Erwägungen bin ich nun daran gegangen, die Normalprofile für die geschiebeführenden Gewässer in ein Schema zu bringen, aus dem sie für jeden beliebigen Fall leicht entnommen werden können. Die Art, wie dieses Schema zusammengestellt wurde, möge an einem Beispiel erläutert werden. Für das Normalprofil von 10 m Breite ergibt sich nach Gleichung 18 die mittlere Tiefe mit 0.403. In diesem Profile ergibt sich nach der von mir aufgestellten Formel unter Berücksichtigung des Faktors für das Gefälle nach der Relation

*) Siehe „Annales des Ponts et Chaussées 1879“ oder „Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften“, III. Bd. Der Wasserbau. 1900.

$$v = \frac{T\sqrt{J}}{20\sqrt{B}\sqrt{0.001}} + \frac{J - J_n}{\beta(J + J_n)} \quad 19)$$

bei einem relativen Gefälle

von	$J = 0.0009$	$v = 0.33$	und	$Q = 1.34$,
bei	$J = 0.0019$	$v = 0.65$	"	$Q = 2.65$,
"	$J = 0.006$	$v = 1.00$	"	$Q = 4.06$,
"	$J = 0.014$	$v = 1.40$	"	$Q = 5.67$,

da $Q = B T v$ ist.

Die hier angenommenen Gefälle wurden so gewählt, daß sich die in der oben gegebenen Klassifikation enthaltenen Geschwindigkeiten ergeben, bei denen die zugehörigen Geschiebegattungen, wie erwähnt wurde, zur Ablagerung gelangen. Man entnimmt hieraus, wie sich die Stufen für die verschiedenen Geschiebeführungen in dem Gefälle und in der Wassermenge ausdrücken und sich somit in ein ganz bestimmtes System ordnen.

Bildet man dieses System nun weiter aus, indem man für verschiedene Breiten und für verschiedene Gefälle die zugehörigen Wassermengen berechnet, so läßt sich, sobald man die Resultate graphisch aufträgt, ein Bild über den Zusammenhang der einzelnen Faktoren gewinnen. Zu diesem Zwecke wurde ein rechtwinkeliges Achsensystem (siehe Tafel I) gezeichnet, in welchem die Wassermengen als Abszissen, die Gefälle als Ordinaten zur Auftragung gelangten. Wie aus vorstehendem Beispiele zu entnehmen ist, ergeben sich in diesem System eine Anzahl Punkte, welche solche Profile charakterisieren, die die gleiche Breite, im gegebenen Falle 10 m, bei verschiedenen Gefällen und verschiedenen Wassermengen besitzen, sich somit durch eine Kurve in diesem System ausdrücken. Da es sich hier um Normalprofile handelt, haben diese mit Bezug auf Gleichung 18 auch gleiche Tiefe und daher auch gleiche Fläche, und es kann somit eine solche Kurve die „Kurve gleicher Normalprofile“ oder nach vorliegendem Beispiele die „Kurve des Normalprofiles für 10 m Breite“ genannt werden. Es wurden nun entsprechend den in der Praxis zumeist vorkommenden Fällen für verschiedene Breiten und Gefälle nach Gleichung 19 die mittleren Geschwindigkeiten und sodann die Wassermengen gerechnet und hienach eine Reihe von Kurven gleicher Normalprofile konstruiert, die für den praktischen Gebrauch in bestimmten Maßstäben in Tafel I, *Abb. 1 bis 3*, dargestellt sind.

Außerdem wurden auch die Normalprofile für die im vorigen Beispiele angegebenen Geschwindigkeiten, bzw. für die angenommenen Geschiebekategorien gerechnet und hienach in den schematischen Darstellungen die „Kurven der Normalprofile gleicher Geschwindigkeit“ oder „gleicher Geschiebeführung“ konstruiert. Diese Kurven kreuzen in dem aufgestellten System die Kurven gleicher Normalprofile fast unter rechten Winkeln und teilen das ganze System in Zonen gleicher Geschiebeführung ein.

Handelt es sich nun darum, für eine gegebene Wassermenge und ein gewisses Gefälle das Normalprofil zu bestimmen, so sucht man mit Hilfe der beiden gegebenen Werte in dem Schema Tafel I den zugehörigen Punkt auf. Fällt er, z. B. sobald das Gefälle von 0.002 und die Wassermenge von $22.15 m^3$ gegeben wäre, mit einer der konstruierten Kurven zusammen (hier in *Abb. 1* mit der Kurve für 30 m Breite), so ist hiemit die Breite, dann nach Gleichung 18 die mittlere Tiefe und danach die Fläche des Normalprofiles gegeben. Es zeigt sich gleichzeitig, daß bei vorliegendem Beispiele in diesem Profile Geschiebe von mittlerer Größe zur Ablagerung gelangen, somit bei der gegebenen Wassermenge ein Geschiebe von kleinem Korn oder feinkörniger Größe weiterschleppt wird, sich daher die Sohle nach den mittleren Geschieben ausbilden wird. Fällt hingegen der Punkt zwischen zwei eingezeichnete Kurven gleicher Normalprofile, so läßt sich aus der gegen-

seitigen Entfernung des Punktes und der benachbarten Kurven die Normalprofilbreite leicht abschätzen und können dann daraus, wie früher gezeigt, die übrigen Elemente berechnet werden. Fällt der Punkt außerdem noch zwischen zwei Kurven der Geschiebekategorien, so ist je nach seiner kürzesten Entfernung von der einen oder anderen der Charakter der Geschiebeführung in dem Profile näher präzisiert.

Bevor ich weiter auf die Anwendung der Normalprofile eingehe, sei es mir gestattet, einen Vergleich derselben mit den in geschiefeführenden Flüssen vorkommenden Profilen durchzuführen. Sprechen wir zu diesem Zwecke noch einmal den Begriff des Normalprofiles genau aus und sagen, das Normalprofil eines geschiefeführenden Gewässers ist jenes Schalenprofil, das es seinem Gefälle und seiner Wassermenge entsprechend bei geradem Laufe (Furt) selbst ausbilden würde. Ändert sich durch äußere Einflüsse die Gestalt des Profiles, demnach die Breite und mittlere Tiefe, bei gleichbleibendem Gefälle und gleichbleibender Wassermenge, so muß, falls diese Änderungen nicht sehr groß sind, die Fläche nahezu dieselbe bleiben, da sich auch die Geschwindigkeit nur wenig ändert. Flußprofile in wenig gekrümmten Strecken sollen demnach mit den Normalprofilen von gleichem Gefälle und gleicher Wassermenge der Fläche nach ziemlich übereinstimmen. Findet dies bei konkreten Beispielen wirklich statt, dann liegt auch jedenfalls der Beweis vor, daß die Normalprofile, was die Fläche anbelangt, richtig angenommen worden sind.

Um diese Übereinstimmung nachzuweisen, war es notwendig, von jedem zur Untersuchung herangezogenen Profile die genaue Abflußmenge und das genaue Gefälle zu kennen. Der ersteren Bedingung konnten die vielen von mir zur Aufstellung der Formel benützten Profile genügen, der letzteren aber nicht so ganz, da das Gefälle einerseits, wie ich bereits bei der Formelaufstellung hervorgehoben hatte, nicht immer mit der genügenden Sorgfalt erhoben, andererseits die Erhebung auch nicht auf die entsprechende Strecke, die von mir auf zwei Flußbreiten ober- und eine Flußbreite unterhalb allgemein fixiert wurde, ausgedehnt worden ist.

Wie man wohl einsehen wird, handelt es sich bei der von der Geschiebeführung abhängigen Bettbildung nicht gerade genau um das Gefälle an der Meßstelle selbst, sondern es wird hier ein mehr ausgeglichenes Gefälle zu berücksichtigen sein, wofür wohl das Gefälle in der von mir, wie früher erwähnt, allgemein fixierten Strecke genügen dürfte, nicht aber das Gefälle ganz kurzer Strecken, wie es in vielen Fällen bei den Messungen erhoben worden ist. Um letzterem Nachteile möglichst zu begegnen, habe ich daher, wo meine Voraussetzung begründet erschien, sobald im selben Profile ein Gefälle bei höheren Wasserständen bekannt war, dieses zum Vergleiche herangezogen, bzw. statt dem für Niedrigwasser angegebenen benützte. Da durch die Uferbauten die Form des Profiles zu sehr beeinflusst war, mußte ich Beispiele von Messungen bei hohen Wasserständen ausschalten und konnte deshalb von den Serienmessungen in ein und demselben Profile bloß eine Messung, u. zw. bloß eine solche bei Niedrigwasser benützen. Schließlich mußte ich auch jene Fälle eliminieren, bei welchen das relative Gefälle unter 0.0003 herabsank.

Wie aus den Kurven gleicher Geschwindigkeit (Tafel I) zu entnehmen ist, wächst nämlich bei gleichmäßiger Abnahme des Gefalles, da die Geschwindigkeit im Verhältnis immer mehr abnimmt, für gleiche Geschwindigkeit und sonach gleiche Geschiebeführung die mittlere Tiefe und die Wasserspiegelbreite bedeutend; das Verhältnis der Breite zur Tiefe wird immer größer, und demgemäß nimmt auch die Fläche und die bettbildende Wassermenge stufenweise bedeutender zu. Da nun die Gefällsermittlung bei geringen Gefällen ohnehin sehr schwierig ist, so gibt ein darin sich einschleichender Fehler einen viel größeren Ausschlag als bei höheren Gefällen, und es ist daher nicht leicht, solche

Tabelle I. Vergleich natürlicher Profile mit den entsprechenden idealen Normalprofilen.

Post.-Nummer	Bezeichnung der Messung	Gewässer	Jahr	Erhebungsdaten						Ermittelte Werte d. Normalprofils			
				mittlere Tiefe	Wasser- spiegel- Breite	Profil- fläche	Relatives Gefälle	mittlere Ge- schwin- digkeit	sekund- liche Abfluß- menge	mittlere Tiefe	Wasser- spiegel- Breite	Profil- fläche	Geschiebe- setzung
				T	B	F	J	V _m	Q	T ₁	B ₁	F ₁	
1	Rottweil	Prim	1890	0.18	3.4	0.6	0.032	1.08	0.66	0.20	3.0	0.60	mittel
2	Wildalpe	Seisenbach	1901	0.32	5.1	1.6	0.0191	1.40	2.26	0.30	6.0	1.82	"
3	Rotenmoos	Hinter-Wildalpenbach	1901	0.19	5.0	1.0	0.0187	1.04	1.01	0.24	4.0	0.96	"
4	Patrich	Trisanna	1903	0.69	18.5	12.8	0.01	1.29	16.6	0.55	18.0	9.9	"
5	Peidnerbad	Glenner	1898	0.30	9.1	2.8	0.0074	0.80	2.19	0.33	7.0	2.32	klein
6	Furth	Valsler-Glenner	1898	0.23	8.9	2.0	0.00725	0.50	1.03	0.27	5.0	1.37	"
7	Platz	Faggenbach	1903	0.69	10.4	8.2	0.007	1.62	13.1	0.54	17.5	9.5	mittel
8	Ilanz	Glenner	1899	0.23	21.5	5.0	0.00491	0.74	3.74	0.40	10.0	4.0	klein
9	Spitzwyler-Brücke	Kander	1895	0.37	9.6	3.5	0.00676	0.87	3.09	0.37	8.5	3.14	"
10	Zwettl	Zwettlilbach	1899	0.45	15.1	6.3	0.0063	1.23	7.77	0.48	14.0	6.7	mittel
11	Rautschka	Bystřica	1901	0.20	6.3	1.3	0.0061	0.44	0.55	0.24	4.0	0.96	fein
12	Brixen	Rienz	1902	1.24	28.0	34.9	0.006	2.18	76.3	0.88	45	40	grob
13	"	"	1902	1.01	48.7	49.5	0.001	1.09	54.1	1.02	60	61.1	klein
14	Emmenmatt	Ilfis	1897	0.95	29.5	28.2	0.00560	2.57	72.4	0.88	45	40	grob
15	Ilanz	Glenner	1898	0.30	8.9	2.9	0.00555	0.87	2.50	0.36	8.0	2.86	klein
16	Brixen Km. 48.21	Eisack	1902	0.47	14.2	6.7	0.0055	1.02	6.87	0.47	13.5	6.4	mittel
17	Rotenbrunnen	Hinter-Rhein	1902	1.04	52.3	54.4	0.00534	1.96	106.5	0.97	55	54	grob
18	Zermatt	Mattervisp	1899	0.38	8.2	3.1	0.00528	1.10	3.44	0.39	9.4	3.67	klein
19	Schönmünz	Schönmünz	1893	0.55	12.4	6.8	0.0052	0.99	6.75	0.47	13.5	6.4	mittel
20	Tardisbrücke	Rhein	1902	1.29	78.6	101.1	0.00502	2.32	234.6	1.24	88	109	grob
21	Emmenmatt	Emme	1897	1.27	29.4	37.5	0.00493	2.22	83.3	0.92	49	45	"
22	Pradl	Sill	1901	0.97	25.1	24.3	0.0048	1.83	44.4	0.79	36.5	28.9	"
23	Hallenkau	Beczwa	1901	0.15	8.6	1.3	0.0048	0.34	0.45	0.23	3.8	0.88	fein
24	Davos-Platz	Landwasser	1896	0.25	7.5	1.9	0.00479	0.45	0.86	0.27	5.0	1.37	"
25	Rotenbrunnen	Hinter-Rhein	1899	0.61	31.5	19.3	0.00469	0.94	18.2	0.62	23.0	14.4	mittel
26	"	"	1898	0.48	30.3	14.4	0.00288	0.89	12.9	0.60	21.5	13.0	"
27	Landbrücke	"	1898	0.49	5.7	2.8	0.00469	0.67	1.90	0.34	7.3	2.48	klein
28	Unterh. Rotenbach	Enz	1893	0.37	9.3	3.4	0.0046	0.53	1.82	0.33	7.0	2.32	"
29	Tumpen	Ötztaleralpe	1903	0.79	28.9	22.7	0.0045	1.32	29.5	0.71	29.5	20.9	grob
30	Wilhelmsburg	Traisen	1899	0.44	27.5	6.2	0.0044	0.53	6.34	0.46	13.0	6.0	mittel
31	Bruggen	Sannabach	1903	1.37	18.7	25.6	0.0043	2.24	57.0	0.85	42	36	grob
32	Kirchberg	Emme	1899	1.99	38.7	76.8	0.0042	3.45	265.0	1.26	92	116	"
33	Martigny	Drance-Kanal	1902	0.72	1.8	1.3	0.00407	0.82	1.05	0.30	5.8	1.73	fein
34	Kernmatt-Brücke	Aar	1885	0.62	15.0	9.3	0.0039	1.52	14.2	0.60	21.0	12.5	mittel
35	Chur	Plessur	1901	0.32	7.3	2.4	0.00389	0.67	1.61	0.33	7.0	2.32	klein
36	Triebitz	Třebovka	1903	0.61	3.8	2.4	0.00373	1.03	2.43	0.37	8.5	3.14	"
37	Unterh. Rohrdorf	Nagold	1893	0.24	7.9	1.9	0.0037	0.53	1.00	0.29	5.7	1.68	fein
38	Linsdorf, Brücke	Stille Adler	1903	0.85	8.3	7.0	0.00361	1.32	9.3	0.53	17.0	9.1	mittel
39	Prinzersdorf	Pielach	1900	0.62	9.2	5.7	0.0036	1.07	6.08	0.47	13.5	6.4	klein
40	Alvaneubad	Albula	1896	0.40	16.2	6.4	0.00353	0.53	3.41	0.40	10.0	4.0	"
41	Patrich	Trisanna	1903	0.69	18.5	12.8	0.0035	1.29	16.5	0.62	23.0	14.4	mittel
42	Steinbach	Kocher	1897	0.58	18.6	10.8	0.00335	1.13	12.2	0.58	20.0	11.6	"
43	Baldenstein	Albula	1904	0.52	21.3	11.0	0.00334	0.78	8.6	0.53	17.0	9.1	"
44	Ragaz	Tamina	1898	0.18	11.2	2.1	0.00311	0.38	0.78	0.28	5.3	1.50	fein
45	L'Allondon	Russin	1902	0.34	9.3	3.2	0.0030	0.55	1.75	0.35	7.8	2.75	klein
46	Vsetin	Beczwa	1903	0.29	23.5	7.0	0.003	0.72	5.04	0.45	12.5	5.7	"
47	Ilanz	Vorder-Rhein	1898	0.38	23.0	8.8	0.00295	0.64	5.66	0.47	13.5	6.4	"
48	"	"	1899	0.37	39.6	14.6	0.00239	0.80	11.7	0.58	20.0	11.6	"
49	Genf	"Arve"	1903	1.39	70.7	98.3	0.00273	1.63	160.5	1.17	79	92	grob
50	"	"	1903	1.24	70.2	87.1	0.00257	1.42	123.3	1.10	70	77	"
51	Bärenburg	Hinter-Rhein	1898	0.61	10.6	6.5	0.00273	0.41	2.68	0.39	9.3	3.61	klein
52	Reichenau-Farsch	Vorder-Rhein	1897	0.88	49.4	43.4	0.00267	1.60	69.6	0.94	51	48	grob
53	Felsberg	Rhein	1899	1.04	55.9	58.2	0.00265	1.37	79.7	0.97	55	54	"
54	Biströwan	Bistrřica	1903	0.40	14.6	5.9	0.00262	0.97	5.70	0.48	14.0	6.7	klein
55	Rudersdorf	Mur	1898	0.84	52.5	44.1	0.00261	1.36	60.0	0.90	47	42	grob
56	Ilanz	Vorder-Rhein	1900	1.22	47.3	57.6	0.0026	2.04	117.5	1.08	67	72	"
57	Fridingen	Donau	1894	0.35	6.1	2.1	0.0026	0.48	1.02	0.31	6.3	1.97	fein
58	Siezenheim	Saalach	1902	0.28	31.6	8.8	0.0026	0.67	5.88	0.49	14.5	7.1	klein
59	Stein	Feistritz	1899	0.70	17.5	12.3	0.00253	0.25	3.07	0.40	10.0	4.0	"
60	Landeck	Inn	1903	0.90	24.1	21.9	0.0025	1.10	24.1	0.72	30.0	21.5	mittel
61	Zadejiele	Lekawka	1903	0.78	35.7	27.8	0.0025	1.17	32.6	0.77	35.0	27.1	"
62	Rorbaß	Töß	1898	0.33	15.1	5.0	0.00242	0.73	3.68	0.43	11.5	5.0	klein
63	Baiersbrunn	Forbach	1891	0.49	7.7	3.8	0.0024	0.45	1.70	0.36	8.0	2.86	fein
64	Döttingen	Neckar	1892	0.39	22.0	8.6	0.0024	0.56	4.80	0.46	13.0	6.0	klein
65	Stein	Feistritz	1899	0.37	12.3	4.5	0.00238	0.66	2.96	0.40	10.0	4.0	"
66	Bächling	Jagst	1896	0.50	12.3	6.1	0.0023	0.63	3.78	0.44	12.0	5.3	"
67	Hangetried	Sense	1898	0.36	8.2	3.0	0.00225	0.47	1.38	0.34	7.5	2.59	fein
68	Tiefenkastel	Albula	1904	0.80	12.8	10.3	0.00224	0.69	7.08	0.53	17.0	9.1	klein
69	Baldenstein	"	1898	0.58	18.2	10.6	0.00223	0.75	7.96	0.54	17.5	9.5	"
70	Interlaken	Aare-Kanal	1902	0.93	37.8	35.4	0.0022	1.40	49.5	0.88	45	39.6	mittel
71	Tschuppach	Inn	1903	0.65	25.3	16.5	0.0022	0.90	14.8	0.64	24.0	15.2	klein
72	Laupen	Saane	1898	0.32	44.7	14.2	0.00218	0.70	9.97	0.57	19.5	11.2	"
73	Emmingen	Nagold	1893	0.37	8.6	3.2	0.00217	0.43	1.97	0.37	8.5	3.14	fein
74	Schönmünz	Schönmünz	1891	0.48	24.1	11.6	0.00216	0.43	4.97	0.47	13.5	6.4	klein
75	Nekoř	Wilde Adler	1903	0.76	18.0	13.6	0.00211	1.26	17.1	0.66	26.0	17.3	"
76	Graz	Mur	1898	0.70	53.0	37.1	0.0021	0.91	33.8	0.80	37.0	29.5	mittel
77	Bergenweiler	Brenz	1894	0.77	13.1	10.1	0.00204	0.98	9.89	0.57	19.5	11.2	klein

Post-Nummer	Bezeichnung der Messung	Gewässer	Jahr	Erhebungsdaten						Ermittelte Werte d. Normalprofiles			
				mittlere Tiefe	Wasser- spiegel- Breite	Profil- fläche	Relatives Gefälle	mittlere Ge- schwin- digkeit	sekund- liche Abfluß- menge	mittlere Tiefe	Wasser- spiegel- Breite	Profil- fläche	Geschle- bungs- gattung
				T	B	F	J	V _m	Q	T ₁	B ₁	F ₁	
78	Rottweil	Neckar	1891	1.03	12.1	12.5	0.002	1.07	13.3	0.62	23.0	14.4	klein
79	"	"	1890	0.60	8.9	5.3	0.002	0.38	2.3	0.38	9.0	3.43	"
80	Dellmensingen	Westerach	1894	0.48	10.0	4.8	0.002	0.81	3.89	0.45	12.5	5.7	fein
81	Sihlbrugg	Sihl	1902	0.72	27.4	19.8	0.002	0.76	15.0	0.64	24.5	15.8	klein
82	Linsdorf	Stille Adler	1903	0.51	8.6	4.4	0.00197	0.69	3.05	0.42	11.0	4.6	"
83	Fachwerk	Lassingbach	1901	0.32	9.4	3.0	0.00192	0.57	1.74	0.37	8.5	3.14	fein
84	Laupen	Sense	1898	0.32	11.4	3.7	0.0019	0.54	1.97	0.38	9.0	3.43	"
85	Granges	Rhône	1902	0.49	40.4	19.9	0.0019	1.08	21.4	0.72	30.0	21.5	mittel
86	Pfanhausen	Neckar	1892	0.63	51.4	32.4	0.0019	0.89	2.8	0.77	35.0	27.1	"
87	"	"	1892	0.41	48.6	19.9	0.0019	0.61	12.1	0.62	23.0	14.4	klein
88	Martigny	Drance	1902	0.51	14.0	7.1	0.00188	0.42	2.98	0.42	11.0	4.6	"
89	Dellmensingen	Westerach	1894	0.37	9.1	3.4	0.00183	0.35	1.18	0.34	7.5	2.59	fein
90	Stegmatt-Brücke	Aare	1904	0.41	15.3	6.2	0.00183	0.64	3.96	0.45	12.5	5.7	klein
91	Ödheim	Kocher	1894	0.59	27.9	16.5	0.00183	0.60	9.89	0.58	20.0	11.6	"
92	Dellmensingen	Roth	1894	0.47	7.8	3.7	0.00182	0.38	1.89	0.36	8.0	2.86	fein
93	Brixen (Milland)	Eisack	1902	0.88	33.8	29.6	0.0018	1.16	34.4	0.82	39.0	31.9	mittel
94	Milovka	Soła	1901	0.25	12.0	3.0	0.0018	0.39	1.18	0.34	7.5	2.59	fein
95	Steinbach	Kocher	1896	0.37	16.6	6.1	0.0018	0.67	4.12	0.46	13.0	6.0	klein
96	Wimmis	Simme	1904	0.56	17.7	10.0	0.0018	0.62	6.20	0.53	16.5	8.7	"
97	Aarberg	Aare	1899	0.76	56.3	42.6	0.0018	1.15	49.0	0.90	47	42	mittel
98	Turtmann	Rhône	1902	0.57	37.4	21.2	0.00179	0.74	15.8	0.67	26.5	17.8	klein
99	Gögglingen	Donau	1894	0.60	50.1	30.1	0.00177	0.83	24.9	0.75	33.0	24.8	mittel
100	Obergalla	Mur	1897	0.85	66.9	56.8	0.00177	1.16	65.9	0.97	55	54	"
101	Ulrichen	Rhône	1903	0.28	7.4	2.1	0.00175	0.49	1.03	0.33	7.0	2.32	fein
102	Splügen	Hinter-Rhein	1898	0.37	4.6	1.7	0.00169	0.62	1.06	0.34	7.5	2.59	"
103	Unterh. Bächlingen	Jagst	1899	0.46	7.7	3.5	0.00167	0.35	1.24	0.36	8.0	2.86	"
104	Ausser-Ferrera	Averser-Rhein	1898	0.44	4.1	1.8	0.00167	0.55	0.96	0.33	7.0	2.32	"
105	Felsenbach	Landquart	1898	0.42	15.0	6.3	0.00166	0.62	3.9	0.46	13.0	6.0	klein
106	Eyach	Eyach	1892	0.46	9.3	4.3	0.00160	0.69	2.95	0.43	11.5	5.0	fein
107	Glatt	Glatt	1892	0.68	11.0	7.5	0.0016	0.68	5.09	0.50	15.0	7.5	klein
108	Collonges	Rhône	1903	1.07	54.5	58.2	0.0016	1.22	71.1	1.00	58	58	mittel
109	Felsberg	Rhein	1902	1.40	68.6	95.5	0.00158	1.89	180.6	1.28	94	120	grob
110	Zillis	Hinter-Rhein	1898	0.49	12.1	5.9	9.00158	0.56	3.33	0.45	12.5	5.7	fein
111	Tardis-Brücke	Rhein	1899	1.17	50.9	59.5	0.00155	1.64	97.6	1.09	69	75	mittel
112	Salzburg	Salzach	1898	1.93	40.0	77.2	0.00153	1.69	131.4	1.18	81	96	"
113	Cajetambre	Inn	1903	0.74	25.7	19.1	0.0015	0.66	12.6	0.65	25.0	16.3	klein
114	Porabka	Soła	1903	0.45	40.0	18.0	0.0015	0.63	11.0	0.62	23.0	14.4	"
115	Illarsaz	Rhône	1903	1.29	61.5	79.3	0.0015	0.95	75.1	1.03	61	63	mittel
116	Rüderswyl	Emme	1898	0.43	5.1	2.2	0.00141	0.67	1.48	0.38	9.0	3.43	fein
117	Oświęcim	Soła	1902	0.54	35.0	18.8	0.00140	0.72	13.5	0.68	27.0	18.3	klein
118	Kaufbeuern	Lech	—	0.69	55.8	38.6	0.00140	1.05	40.4	0.88	45	40	mittel
119	Ödheim	Kocher	1899	0.44	27.4	12.1	0.00138	0.41	4.94	0.52	16.0	8.3	fein
120	Sihlbrugg	Sihl	1902	0.50	26.5	13.3	0.00135	0.43	5.80	0.55	18.0	9.9	"
121	Ristissen	Riss	1894	0.40	10.3	4.1	0.00133	0.64	2.64	0.44	12.0	5.3	"
122	Kufstein	Inn	1900	1.03	94.0	97.0	0.0013	1.13	110.0	1.15	77	89	mittel
123	Abtsgmünd	Kocher	1897	0.34	11.7	4.0	0.0013	0.46	1.83	0.40	10.0	4.0	fein
124	Baiersborn	Murg	1891	0.39	15.5	6.0	0.0013	0.42	2.54	0.44	12.0	5.3	"
125	Perjen	Inn	1903	0.85	35.7	30.3	0.0013	0.72	21.8	0.76	34.0	25.9	klein
126	Wiblingen	Iller	1894	0.80	44.5	36.6	0.0013	1.10	39.2	0.89	46	41	"
127	Altenburg	Neckar	1892	0.53	27.5	14.6	0.00127	0.56	8.2	0.60	21.5	13.0	"
128	Neckargartach	"	1894	1.13	31.6	35.7	0.00127	0.96	34.3	0.86	43	37	"
129	Reichenau	Vorder-Rhein	1894	0.46	36.1	16.7	0.00126	0.68	11.4	0.65	25.0	16.3	"
130	Dörzbach	Jagst	1897	0.30	13.0	3.9	0.00125	0.42	1.64	0.39	9.5	3.72	fein
131	Czernichów	Soła	1901	0.22	44.0	9.7	0.00123	0.39	3.78	0.49	14.5	7.1	"
132	Collonges	Rhône	1902	0.62	60.4	37.3	0.00123	0.95	35.6	0.87	44	38	klein
133	La Plaine	"	1899	1.69	66.0	111.3	0.00123	1.57	174.6	1.32	100	132	mittel
134	Raabs	Mähr. Thaya	1899	0.45	6.9	3.1	0.00121	0.46	1.43	0.38	9.2	3.54	fein
135	Reckingen	Rhône	1903	0.54	8.5	4.6	0.00121	0.71	2.14	0.42	11.0	4.6	"
136	Borohradek	Stille Adler	1902	0.35	30.1	10.5	0.00121	0.46	5.14	0.53	17.0	9.1	"
137	Olten	Aare	1891	1.08	88.0	95.2	0.00121	1.30	124.2	1.21	84	101	mittel
138	Aarberg	Alte Aare	1902	0.73	18.4	13.5	0.00121	1.20	16.2	0.72	30.0	21.5	klein
139	Gisikon	Reuß	1900	0.81	51.1	41.4	0.00120	1.22	50.5	0.96	53	51	"
140	Abtsgmünd	Kocher	1896	0.38	11.9	4.5	0.0012	0.42	1.90	0.40	10.0	4.0	fein
141	Oberthal	Rechnurg	1891	0.20	8.3	1.7	0.0012	0.29	0.48	0.30	6.0	1.82	"
142	Epfendorf	Neckar	1890	1.05	11.7	12.3	0.0012	0.73	9.0	0.62	23.0	14.4	klein
143	Steinhalte	Donau	1894	0.96	67.3	64.6	0.0012	1.03	66.5	1.03	61	63	mittel
144	Ulm	"	1894	0.93	80.0	74.4	0.0012	1.19	88.5	1.11	71	79	"
145	Hundersingen	"	1894	1.09	38.3	41.7	0.0012	0.97	40.5	0.91	48	44	klein
146	"	"	1894	0.63	36.0	22.7	0.0012	0.46	10.4	0.64	24.0	15.2	"
147	Riedling	"	1894	0.52	28.2	14.7	0.00118	0.66	9.07	0.64	24.0	15.2	"
148	Reichenau	Hinter-Rhein	1897	0.98	27.3	26.7	0.00116	1.25	33.3	0.87	44	38	"
149	Tynischt	Adler	1902	0.65	23.0	15.0	0.00116	0.66	10.7	0.65	25.0	16.3	"
150	Bühlingen	Eschach	1894	0.70	8.4	5.9	0.00116	0.36	2.12	0.43	11.5	5.0	fein
151	Rann	Save	1902	1.51	76.8	115.8	0.00116	1.50	173.7	1.32	101	134	mittel
152	Crailsheim	Jagst	1896	0.50	11.9	6.0	0.00115	0.35	2.08	0.42	11.0	4.6	fein
153	Neckarhausen	Neckar	1892	0.75	45.8	34.3	0.00115	0.91	31.3	0.86	43	37	klein
154	Branson	Rhône	1902	0.65	47.0	30.5	0.00114	0.95	28.9	0.85	42	36	"
155	Siders	"	1902	0.91	33.5	30.0	0.00113	0.65	19.4	0.76	34.0	25.9	"

Post-Nummer	Bezeichnung der Messung	Gewässer	Jahr	Erhebungsdaten						Ermittelte Werte d. Normalprofils			
				mittlere Tiefe	Wasser- spiegel- Breite	Profil- fläche	Relatives Gefälle	mittlere Ge- schwin- digkeit	sekund- liche Abfluß- menge	mittlere Tiefe	Wasser- spiegel- Breite	Profil- fläche	Geschle- bungs- gattung
				<i>T</i>	<i>B</i>	<i>F</i>	<i>J</i>	<i>V_m</i>	<i>Q</i>	<i>T₁</i>	<i>B₁</i>	<i>F₁</i>	
156	Niedau	Aare	1895	1.38	24.4	33.8	0.00111	1.35	45.7	0.95	52	49	klein
157	Kiebingen	Neckar	1892	0.97	31.8	30.8	0.0011	0.74	22.8	0.80	37.0	29.5	"
158	Reisach	Inn	1883	1.29	113.0	145.4	0.0011	1.46	212.9	1.41	114	161	mittel
159	Bern	Aare	1896	0.93	53.5	49.9	0.0011	0.71	35.3	0.90	47	42	klein
160	Autre-Rhône	Rhône	1893	0.69	61.5	42.5	0.00109	1.02	43.2	0.95	52	49	"
161	Sanok	San Km. 277-640	1897	0.38	76.9	29.1	0.00108	0.79	23.3	0.81	38.0	30.7	"
162	Oberndorf	Salzach	1899	1.23	84.0	103.6	0.00106	1.16	119.7	1.23	87	107	mittel
163	Rottweil, Eisenbahnbrücke	Neckar	1890	0.60	8.9	5.3	0.00106	0.38	2.03	0.43	11.5	5.0	fein
164	Giubiasco	Tessin	—	1.72	65.8	113.1	0.00105	1.88	212.6	1.42	116	165	mittel
165	Broye à Payern	Payern	1889	1.08	18.6	20.0	0.00104	0.94	18.9	0.77	35.0	27.1	klein
166	Trient	Etsch	1902	1.31	75.6	99.0	0.00104	1.22	121.0	1.24	88	109	mittel
167	Orbe	L'Orbe	1898	0.37	18.5	7.0	0.00103	0.46	3.20	0.49	14.5	7.1	fein
168	Port du Sex	Rhône	1887	0.97	71.5	69.2	0.001	1.27	87.7	1.15	76	87	mittel
169	Matrei	Sill	1901	1.70	1.79	3.0	0.001	1.20	3.63	0.51	15.5	7.9	fein
170	Plochingen	Neckar	1892	0.55	51.0	28.0	0.001	0.51	14.3	0.73	31.0	22.6	"
171	Unter-Griesheim	Jagst	1895	1.66	84.9	140.9	0.00100	1.39	195.9	1.40	113	158	mittel
172	Döttingen	Aare	1902	1.48	97.5	144.8	0.0010	1.42	205.0	1.42	116	165	"
173	Massongex	Rhône	1902	0.71	62.2	44.3	0.00099	0.85	37.9	0.93	50	46	klein
174	Berg	Donau	1894	0.80	36.1	28.9	0.00098	0.70	20.2	0.80	37.0	29.5	fein
175	Roßhof-Diepersdorf	Mur	1899	0.89	74.2	65.6	0.00096	1.08	71.2	1.10	70	77	klein
176	Sitten	Rhône	1902	0.80	38.4	30.6	0.00093	0.79	24.1	0.84	41	34	"
177	Oberndorf	Salzach	1902	1.02	82.7	84.4	0.00091	0.98	81.0	1.15	77	89	"
178	Wels	Traun	1903	1.41	34.3	48.5	0.0009	1.14	55	1.04	63	66	"
179	Innsbruck	Inn	1900	0.74	61.7	45.8	0.00089	0.91	42.0	0.98	56	55	"
180	Riddes	Rhône	1902	0.68	46.3	31.5	0.00086	0.87	27.4	0.89	46	41	"
181	Lauffen	Neckar	1894	0.84	98.6	82.8	0.00085	0.95	78.7	1.15	77	89	"
182	Gmünd	Lainsitz	1899	0.90	11.7	10.6	0.00084	0.51	5.4	0.58	20.0	11.6	fein
183	Döttingen	Aare	1898	1.43	107.6	154.3	0.00083	1.23	189.3	1.45	121	176	mittel
184	Enzweihingen	Enz	1893	0.50	28.5	14.2	0.00082	0.42	5.99	0.61	22.0	13.4	fein
185	Haldenstein	Rhein	1902	0.84	40.3	33.8	0.00082	0.80	27.0	0.89	46	41	klein
186	Thun	Aare	1895	0.73	28.5	20.8	0.00082	0.54	11.2	0.72	30.0	21.5	fein
187	Wernstein	Inn	1902	1.48	156.0	231.5	0.00081	1.20	277.8	1.60	148	237	mittel
188	Savognin	Julia	1898	0.43	10.8	4.6	0.0008	0.29	1.36	0.41	10.5	4.3	fein
189	Ulm	Donau	1893	0.75	78.3	58.7	0.00078	1.06	62.2	1.11	71	79	klein
190	Oberh. Villach	Drau	1899	1.39	80.1	111.7	0.00076	1.18	131.8	1.35	105	142	"
191	Międzybrodzie	San Km. 274-370	1897	0.68	95.0	64.3	0.00075	0.69	44.4	1.02	60	61	"
192	Sigmundskron	Etsch	1902	0.71	43.4	31.0	0.00072	0.81	25.2	0.90	47	42	fein
193	Reichenau	Vereinigter Rhein	1894	0.93	36.9	34.1	0.00070	0.76	26.0	0.91	48	44	"
194	Pfatten	Etsch	1902	1.13	67.3	69.1	0.00067	0.98	67.7	1.16	78	91	klein
195	Littai	Save	1902	1.16	104.8	121.3	0.00065	1.19	144.6	1.41	115	163	"
196	Sarnen	Aa	1885	1.13	12.7	14.3	0.00065	1.07	15.3	0.80	37.0	29.5	fein
197	Collombey	Rhône	1902	0.78	50.6	39.4	0.0016	1.01	39.6	0.86	43	37	"
198	Krasiczyn	San Km. 180-150	1897	0.52	60.8	31.6	0.00061	0.76	24.1	0.91	48	44	"
199	Unterh. des Schwarzwassers	Sense	1897	0.61	12.2	7.4	0.00060	0.43	3.18	0.54	17.5	9.5	"
200	Hurko	San Km. 156-164	1897	0.47	68.8	32.7	0.00058	0.76	24.8	0.92	49	45	"
201	Großenbrunn	Stempfelbach	1900	0.78	6.0	4.7	0.00056	0.24	1.12	0.42	11.0	4.6	"
202	Rabensburg	Thaya	1896	0.63	36.0	22.6	0.00058	0.33	18.8	0.85	42	36	"
203	Raabs	Vereinigte Thaya	1899	0.37	19.4	7.2	0.00055	0.51	3.67	0.57	19.0	10.8	"
204	Munkendorf	Gurk	1902	1.07	54.1	58.0	0.00054	0.69	40.0	1.04	63	66	"
205	Port du Sex	Rhône	1903	0.88	58.1	51.2	0.00053	0.84	42.8	1.07	66	71	"
206	Tacen	Save	1899	0.88	48.3	41.9	0.00052	0.66	27.5	0.96	53	51	"
207	Tetschen	Elbe	1877	1.08	105.4	113.8	0.00051	0.81	92.2	1.30	98	128	klein
208	Königgrätz	Adler	1902	0.67	43.0	29.0	0.00050	0.32	14.5	0.82	39.0	31.9	fein
209	Raron	Rhône	1902	0.60	26.5	16.0	0.00050	0.84	13.4	0.80	37.0	29.5	"
210	Glattfelden	Glatt	1898	0.52	14.7	7.7	0.00046	0.35	2.70	0.53	17.0	9.1	"
211	Zauchen	Zeier	1902	0.72	31.3	22.4	0.00042	0.75	16.8	0.86	43	37	"
212	St. Ursanne	Doubs	1898	0.67	29.1	19.4	0.00042	0.15	2.86	0.55	18.0	9.9	"
213	Josefstadt	Elbe	1898	0.88	23.0	20.2	0.00041	0.37	7.5	0.70	29.0	20.4	"
214	Görtschach	Zeier	1899	0.79	11.8	9.0	0.00039	0.50	4.47	0.62	23.0	14.4	"
215	Speisendorf	Thaya	1899	0.46	24.4	11.2	0.00038	0.14	1.56	0.48	14.0	6.7	"
216	Przemysł	San Km. 165-644	1897	0.77	63.0	48.4	0.00038	0.57	27.6	0.99	57	57	"
217	Sobieslau	Lužnitz	1893	0.51	40.8	21.0	0.00038	0.23	4.9	0.64	24.0	15.2	"
218	Mellingen	Reuß	1898	1.05	45.3	47.5	0.00037	0.62	29.2	1.02	60	61	"
219	Saut du Doubs	Doubs	1898	0.72	13.4	9.7	0.00037	0.18	1.72	0.49	14.5	7.1	"
220	Trynca	Wystok	1897	0.74	38.6	28.7	0.00037	0.64	18.4	0.90	47	42	"
221	Leibnitz	Sulm	1899	0.62	20.9	13.1	0.00036	0.36	4.77	0.64	24.0	15.2	"
222	Zabłocie	Soła	1901	0.26	27.0	6.9	0.00036	0.26	1.78	0.49	14.5	7.1	"
223	Radomyśl	San Km. 11-120	1897	0.64	164.0	104.9	0.00035	0.53	55.6	1.20	83	100	"
224	Karolówka-Dynów	" " 236-090	1897	0.68	64.0	43.6	0.00034	0.34	14.7	0.85	42	36	"
225	Bremgarten	Reuß	1897	0.82	61.2	50.2	0.00032	0.61	30.4	1.04	63	66	"
226	Baden	Limmat	1898	0.89	33.1	29.5	0.00032	0.67	19.9	0.93	50	46	"
227	Günzing	Ybbs	1900	1.02	22.6	23.1	0.00031	0.86	19.9	0.93	50	46	"
228	Visp	Visp	1902	0.59	13.1	7.7	0.000304	0.44	3.40	0.58	20.0	11.6	"
229	Jaroslau	San Km. 119-498	1897	0.81	116.3	94.2	0.000300	0.60	56.5	1.22	86	105	"
230	Wieselburg	Erlauf	1900	0.42	28.3	12.0	0.0003	0.35	4.18	0.62	23.0	14.4	"
231	—	Drau Km. 262-145	1901	1.05	77.5	81.3	0.00062	0.98	79.9	1.23	87	107	klein
232	—	" " 262-070	1902	0.80	76.0	60.9	0.00072	0.83	50.4	1.07	66	71	"
233	—	" " 261-995	1902	0.71	79.5	56.6	0.00092	0.92	51.9	1.03	61	63	"
234	—	Enns " 29-385	1902	1.73	95.0	164.1	0.00062	0.88	143.8	1.42	116	165	"

Post-Nummer	Bezeichnung der Messung	Gewässer	Jahr	Erhebungsdaten						Ermittelte Werte d. Normalprofils			
				mittlere Tiefe	Wasserspiegel-Breite	Profilfläche	Relatives Gefälle	mittlere Geschwindigkeit	sekundliche Abflußmenge	mittlere Tiefe	Wasserspiegel-Breite	Profilfläche	Geschiebegattung
				<i>T</i>	<i>B</i>	<i>F</i>	<i>J</i>	<i>V_m</i>	<i>Q</i>	<i>T₁</i>	<i>B₁</i>	<i>F₁</i>	
235	Wieselburg	Enns Km. 27-391	1902	1.20	108.0	129.5	0.0011	1.13	146.0	1.28	94	120	mittel
236	—	„ „ 24.436	1902	1.41	92.0	130.1	0.0013	1.11	144.4	1.24	89	111	„
237	—	„ „ 20-260	1902	1.45	123.0	178.4	0.0005	0.76	136.3	1.44	120	173	klein
238	—	„ „ 13-980	1902	1.01	103.0	104.1	0.002	1.16	120.6	1.12	73	82	grob
239	—	„ „ 10-615	1902	1.01	126.5	127.6	0.0007	0.86	109.4	1.30	98	128	klein
240	—	„ „ 8-821	1902	0.76	141.0	106.7	0.0007	1.02	108.8	1.30	97	126	„
241	—	Enns Km. 3-894 l. Kinnsal	1902	1.37	27.0	37.1	0.00054	0.33	12.2	0.77	35.0	27.1	„
242	—	„ „ 3-894 r. „	1902	1.34	56.1	75.1	0.00097	1.06	79.3	1.12	73	82	„
243	—	„ „ 3-894 Gesamtprofil	1902	1.35	83.2	112.2	0.00075	0.82	91.5	1.24	88	109	„
244	—	Enns Km. 3-646	1902	0.71	110.1	78.3	0.00213	1.17	91.5	1.04	62	64	grob
245	—	„ „ 3-646	1901	0.96	111.4	106.5	0.00235	1.41	150.5	1.16	78	91	„
246	—	„ „ 1-295	1902	0.90	90.5	81.6	0.0015	1.33	108.6	1.13	74	84	mittel
247	Spitz	Donau	1900	2.78	308	858	0.000338	1.16	1000	2.50	359	897	„
248	Schwallenbach	„	1900	2.61	303	791	0.000405	1.25	1000	2.44	340	827	„
249	Krems	„	1900	2.98	254	760	0.000500	1.30	1000	2.36	320	751	„
250	Hollenburg	„	1900	3.25	218	709	0.000490	1.40	1000	2.37	322	763	„
251	Traismauer	„	1900	2.69	229	618	0.000625	1.62	1000	2.29	300	686	grob
252	Altenwörth	„	1900	3.31	195	645	0.000760	1.55	1000	2.21	280	618	„
253	Zwentendorf	„	1900	4.07	167	680	0.000650	1.48	1000	2.27	295	668	„
254	Langenschönbichl	„	1900	2.43	268	652	0.000625	1.53	1000	2.29	300	686	„
255	Langenlebar	„	1900	3.20	242	776	0.000400	1.30	1000	2.44	340	827	mittel
256	Zeiselmauer	„	1900	3.13	218	684	0.000400	1.48	1000	2.44	340	827	„
257	Greifenstein	„	1900	3.96	168	665	0.000670	1.52	1000	2.26	293	661	grob
258	Höflein	„	1900	2.23	296	661	0.000670	1.54	1000	2.26	293	661	„
259	Korneuburg	„	1900	2.92	228	665	0.000570	1.52	1000	2.32	308	714	„
260	Kuchelau	„	1900	2.18	290	633	0.000720	1.62	1000	2.23	285	634	„
261	Nußdorf	„	1900	2.70	269	728	0.000475	1.40	1000	2.38	325	774	mittel
262	Nordwestbahnbrücke	„	1900	2.97	251	745	0.000400	1.22	920	2.40	330	791	„
263	Kaiser Franz Josef-Brücke	„	1900	2.56	249	639	0.000545	1.44	920	2.29	300	686	„
264	Reichsbrücke	„	1900	2.51	248	623	0.000590	1.47	920	2.26	293	661	„
265	Stadlauer Brücke	„	1900	2.72	249	677	0.000450	1.36	920	2.36	318	749	„
266	Praterspitz	„	1900	2.38	265	632	0.000606	1.45	920	2.25	290	651	grob
267	Mannswörth	„	1900	2.51	277	697	0.000575	1.47	1000	2.32	307	710	„
268	Wien (Durchstich)	„	1897	2.31	272	626	0.000630	1.55	969	2.27	295	668	„

Beispiele einer richtigen Beurteilung zu unterziehen. Ferner sind Gewässer unter 0.3 pro Mille Gefälle, die ohnehin nur mehr Geschiebe von geringer Größe führen, zumeist durch Uferwerke eingengt, um z. B. für die Schifffahrt eine möglichst große Tiefe zu erlangen, weshalb bei solchen Gewässern auch viel seltener ein natürliches Profil mehr anzutreffen ist. Ich stellte daher über die vorgegebene Grenze hinaus vorläufig keine weiteren Untersuchungen an.

Trotz dieser Einschränkungen standen mir noch immer 268 Beispiele zur Verfügung, an denen ich den erwähnten Vergleich mit den von mir aufgestellten Normalprofilen durchführen konnte und der in der Zusammenstellung in Tabelle I zum Ausdruck gelangt.

Überblickt man die Vergleichsergebnisse in der Tabelle I und erwägt die Momente, welche hinsichtlich des Zutreffens hiebei zu berücksichtigen sind, so wird zugegeben werden müssen, daß die Übereinstimmung hinsichtlich der Flächen eine außerordentlich günstige ist, daß aber auch, was das Verhältnis der Breiten und Tiefen anbelangt, die von mir aufgestellten Behauptungen sich nicht minder bewährten.

Die in der Zusammenstellung aufgenommenen Beispiele wurden mit den Erhebungsdaten, u. zw.: Jahr der Erhebung, mittlere Tiefe, Wasserspiegelbreite, Profilfläche, relatives Gefälle, mittlere Profilschwindigkeit und sekundliche Wassermenge, eingeführt und nach dem Gefälle geordnet, da dieses verhältnismäßig den größten Ausschlag für die Art der Geschiebeführung gibt. Auf Grund des nun für jedes Beispiel vorliegenden Gefalles und der Wassermenge wurde nach dem in Tafel I dargestellten Graphikon (Abb. 1, 2 und 3) auf die bereits beschriebene Weise die Wasserspiegelbreite bestimmt und dann nach den auf selber Tafel (Abb. 4) gegebenen graphischen Relationen zwischen Wasserspiegelbreite und Fläche die letztere ermittelt und

sodann aus Fläche und Wasserspiegelbreite die mittlere Tiefe gerechnet. Auch ergab sich gleichzeitig bei Ermittlung der Wasserspiegelbreite in den Abb. 1, 2 oder 3 die Charakterisierung der Geschiebeführung für jedes einzelne Beispiel, die in der letzten Kolonne nach den angenommenen Stufen angedeutet wurde.

Gleich die ersten Beispiele weisen beim Vergleiche der erhobenen Fläche mit jener des ihnen zugehörigen Normalprofils nur geringe Differenzen auf, trotzdem die Wassermengen nur sehr geringe sind und daher in solchen Fällen die Erhebungsfehler bekanntermaßen größer sind als bei größeren Mengen. Insbesondere ist das schwer richtig zu ermittelnde Gefälle der einflußreichste Faktor, da auf seiner richtigen Erhebung der hier angestellte Vergleich hauptsächlich fußt. Daß die Beispiele mit den Normalprofilen nicht vollkommen übereinstimmen, ist nach dem früher Gesagten selbstverständlich, und es sei noch einmal wiederholt, daß die Beispiele nur näherungsweise den Normalprofilen gleichkommen sollen, bzw. können.

Besonderes Interesse bietet jedenfalls die Kolonne „Charakteristik der Geschiebeführung“, daher über die Art der Bestimmung nachstehendes bemerkt sei. Alle bei der Breitenbestimmung zwischen die in der Tafel I, Abb. 1, 2 und 3, gegebenen Größengrenzen der Geschiebe, bzw. der Geschwindigkeiten fallenden Beispiele wurden nach der die kleinere Größe der Geschiebe bezeichnenden Grenze charakterisiert, so daß z. B. alle zwischen die Kurve von 1 m und 1.40 m fallenden Beispiele als Fälle mit mittleren Geschieben bezeichnet worden sind. Mit Rücksicht auf die hier durchgeführte Charakterisierung soll daher auch die bei der Messung erhobene Geschwindigkeit zwischen die durch die Charakteristik gegebenen Grenzen fallen oder zumindestens einer derselben sehr nahe stehen, was in Wirklichkeit, wie man aus Tabelle I entnimmt, auch tatsächlich der Fall ist.

Breiten, um das richtige Verhältnis dieser Werte in der Natur immer vor Augen zu haben. Außerdem sind in der Tabelle II die diesen Normalprofilen zugehörigen Elemente zusammengestellt. Beachten wir in dieser Tabelle in erster Linie die den Geschiebegattungen, daher auch Geschwindigkeiten zukommenden Wassermengen, so ist zu entnehmen, daß diese von $1.19 m^3$ bis $313.15 m^3$ pro Sekunde zunehmen, ein ganz bedeutendes Maß, welches jedoch in der Natur vielfach beobachtet werden kann, denn das Verhältnis des Niedrigstwassers zum Hochwasser erreicht bei mittleren Gewässern sehr oft das Maß 1:300 und noch mehr. Würde das hier bezüglich der Normalisierung in Frage stehende Gewässer tatsächlich bei Niedrigstwasser $1.2 m^3$, bei mittlerem Jahreshochwasser*) rund $300 m^3$ pro Sekunde zum Abflusse bringen, dann sollte im Grunde genommen, vom idealen Standpunkte ausgehend, um den Gleichgewichtszustand des normalen Abflusses und daher der Geschiebeführung bei keiner der eintretenden Wassermengen zu stören, das Normalprofil für $300 m^3$ zur Anwendung gelangen. Dies ist jedoch in zweierlei Hinsicht nicht vorteilhaft, denn erstens müßte ein $140 m$ breiter Streifen Landes dem Regime des Gewässers überlassen werden, was in Kulturländern, und nur um solche kann es sich bei Regulierungen und Normalisierungen handeln, schwer durchführbar ist; zweitens müßte aber auch die Sohle, um Entartungen des Gewässers, die unvermeidlich sind, entgegenzutreten, auf nahezu diese Breite versichert werden. Man ist daher aus obigen Gründen gezwungen, das Gewässer auf eine geringere Breite einzuschränken, selbst wenn die ungünstigeren Verhältnisse, die sich daraus ergeben, in Kauf genommen werden müssen, nämlich die Vermehrung der mittleren Geschwindigkeit bei höheren Wasserständen. Diese involviert selbstverständlich eine Steigerung des Angriffes auf den benetzten Umfang, wodurch einerseits bei unversicherter Sohle tiefe Kolke entstehen können, andererseits die Uferbauten in erhöhtem Maße in Anspruch genommen werden. Dieses letzterwähnte Moment gibt, abgesehen von jenen, bei welchen die Einengung, wie wir später sehen werden, überhaupt nicht mehr rationell ist, einen wichtigen Fingerzeig, denn sobald Geschwindigkeiten herbeigeführt werden, die der Art der angewendeten Bauten gefährlich zu werden beginnen, ist selbstverständlich die Grenze der Einengung gegeben.

Die Einengung ist sonach allgemein von der Art des in Verwendung zu bringenden Materiales der Schutzbauten abhängig oder, sobald die Einengung aus speziellen Gründen, wie z. B. lokalen Verhältnissen u. s. w., vorgenommen werden muß, umgekehrt das Material und die Konstruktion der Schutzbauten von der Einengung. Wir entnehmen daraus, daß es nicht gleichgültig ist, welches Material bei Schutz- und Aggressivbauten, denn als solche sind die Einengungsbauten aufzufassen, verwendet wird, eine Schlußfolgerung, die mit der Erfahrung vollkommen im Einklange steht. Es drängt sich nun des weiteren die Frage auf, welche Form für die Einengung die günstigste sei.

Ich habe schon früher erwähnt, daß als Normalprofilform jene Parabelfläche anzusehen ist, welche der durch die Wasserspiegelbreite und mittlere Tiefe gegebenen Fläche gleich ist und wobei die die Parabelfläche abschließende normale Sehne der Wasserspiegelbreite entspricht.

Es sind daher auch derartige Parabeln für die Normalprofile in Abb. 2 und 3 eingezeichnet worden. Der Parabelform gebührt nämlich gegenüber polygonalen Abgrenzungen der Vorzug, bei Zunahme der Wassermenge im Profil die Zunahme der Geschwindigkeit in einer regelmäßigen Weise zu ermöglichen, während die Geschwindigkeitskurven polygonaler Profile vielfache Unregelmäßigkeiten, gewissermaßen Bruchpunkte, aufweisen.

Die Normalparabelkurve ist sonach jeder polygonalen

*) Bei der Bildung des mittleren Jahreshochwassers müßten selbstverständlich katastrophale Wässer ausgeschieden werden.

Profilbegrenzung vorzuziehen, somit diesen Begrenzungen gegenüber als die günstigste anzusehen. Man soll daher im allgemeinen für die Profillinie diese Profilform nehmen oder, da die Ausführung der Kurve in der Praxis auf Schwierigkeiten stößt, zumindestens das zu wählende Polygon den entsprechenden Parabelästen möglichst anschmiegen.

Bevor ich jedoch auf die Größe der Einengung weiter eingehe, sei es mir gestattet, die durch Abb. 2 gekennzeichneten Erscheinungen hinsichtlich der Schalenformen, welche in dem vor durchgeführten Vergleiche mit den natürlichen Profilen auch ihre volle Bestätigung gefunden haben, noch näher zu beleuchten. Die in der genannten Abbildung dargestellten Parabelflächen stellen, wie aus dem früheren bekannt ist, die aufgestellten Grenzprofile der verschiedenen Geschiebekategorien bei einem relativen Gefälle von 0.001 dar. Es wird sonach an der Sohle des ersten Profils feinkörniges Material, an der des zweiten kleines, an der des dritten mittleres, an der des vierten grobkörniges Geschiebe abgelagert sein, und zwar die bezeichnete Gattung nur in der Mitte auf zirka $\frac{1}{5}$ der Breite und dann mit abnehmender Größe gegen das Ufer, da auch die Sohlengeschwindigkeit in diesem Verhältnisse gegen das Ufer abnimmt.

Gelangt nun eine größere Wassermenge, als dem ersten Profile entspricht, sukzessive zur Abfuhr, so wird diese infolge der ihr innewohnenden größeren Geschwindigkeit die Geschiebe an der Sohle in Bewegung setzen und die Schale der Zunahme der Geschwindigkeit entsprechend erweitern, sonach die Profillfläche P_2 und weiters dann P_3 ausbilden, bis bei einer Abflußmenge von zirka $300 m^3$ die mittlere Geschwindigkeit von $1.4 m$ und somit das Profil P_4 erreicht ist; denn alle Geschiebe, die innerhalb des letzten Profiles zur Ablagerung gelangt sind, werden bei einer Geschwindigkeit von $1.4 m$, bzw. schon bei den geringeren Geschwindigkeiten weggeschleppt worden sein.

Diese vom Gewässer zu bewirkende Leistung erscheint für den ersten Augenblick erstaunlich groß, da die abzutragende Fläche im gegebenen Falle zirka $160 m^2$, daher per laufendes Meter eine gleiche Anzahl Kubikmeter ergibt. Bedenkt man jedoch, daß das Ansteigen der Wasseroberfläche bis zu ihrer Kulmination in solchen Gewässern im allgemeinen im ungünstigsten Falle in 24 Stunden, d. i. in 86.400 Sekunden erfolgt, und berechnet den durchschnittlichen Abtrag per Sekunde, so ergibt sich hierfür zirka $14 cm^3$, ein Betrag, der keinesfalls groß ist. In der Wirklichkeit führen aber Gewässer wie das in Rede stehende, welche die Sohle bis zu groben Geschieben aufwühlen, gar nicht so viel Kleingeschiebe, als hier bei der Ablagerung angenommen wurde, mit sich und nehmen daher gar nicht die kleineren Schalenformen an, weshalb auch die hier approximativ berechnete Menge des Abtragens sich tatsächlich wesentlich kleiner stellen wird.

Ich kann mich leider, um die gestellte Aufgabe dieser Abhandlung nicht allzu sehr auszudehnen, nicht auf die weiteren sich noch ergebenden Deduktionen hinsichtlich der Geschiebeführung einlassen. Nur insoweit, als es für die vorliegende Frage von Wichtigkeit ist, sei darauf hingewiesen, wie die Vertiefung der Sohle bei zunehmender Geschwindigkeit ermittelt werden kann, bzw. wie sich die Vertiefung bei dem gegebenen Beispiel durch die Konstruktion der Normalprofile herausstellt. Es beträgt nämlich, wie aus der Abb. 2 deutlich zu entnehmen ist, für das Gefälle von 0.001 die Zunahme der Tiefe des Normalprofils bei einer Zunahme der Geschwindigkeit

$$\text{von } 0.33 \text{ bis } 0.65 m \text{ das Maß von } \frac{T_2 - T_1}{2} = 0.18 m,$$

$$" \quad 0.65 \quad " \quad 1.0 m \quad " \quad " \quad \frac{T_3 - T_2}{2} = 0.20 m,$$

$$" \quad 1.0 \quad " \quad 1.4 m \quad " \quad " \quad \frac{T_4 - T_3}{2} = 0.22 m,$$

somit im ganzen für die Zunahme der Geschwindigkeit von 0.00 bis 1.4 m $\frac{T_4 - T_0}{2} = 0.78 m$, eine Vertiefung, die sich in Wirklichkeit wieder viel geringer ergeben wird, da, wie bereits erwähnt, die angenommene Ablagerung der feinen Geschiebe in der Regel ausbleibt. Es ist auf diese Weise möglich, für jede Geschwindigkeit die zugehörige Austiefung der Sohle gegenüber der Sohlenlage bei einer geringeren Geschwindigkeit zu bestimmen, indem, wie es für die Geschwindigkeiten der angenommenen Geschiebekategorien geschehen ist (siehe Abb. 2), für die in Frage stehenden Geschwindigkeiten die Normalprofile berechnet werden. Die halbe Differenz der diesen Normalprofilen zugehörigen mittleren Tiefen ergibt sodann die zu erwartende Vertiefung in der Achse des Profils.

Um Verwechslungen vorzubeugen, erwähne ich, daß unter Austiefung des Normalprofils stets die Entfernung des Parabelschatels von der Grundlinie des flächengleichen Rechteckes verstanden ist, somit diese immer auf das Nullprofil bezogen wird.

Kehren wir nun zu der früher besprochenen Einengung des Profils zurück und setzen hiebei als zulässige Grenzgeschwindigkeiten etwa 1.8 m pro Sekunde fest, so ist nun jenes Parabelprofil, das bei einer Wassermenge von rund 300 m³ 1.8 m Geschwindigkeit ergibt, zu ermitteln. Dies hat seine Schwierigkeit, da die Profilform vom Gefälle, bezw. von der Geschwindigkeit einerseits und von der Breite und Tiefe andererseits abhängig ist und überdies jedenfalls die Bedingung erfüllen soll, auch für geringe Wassermengen als Normalprofil zu gelten. Um diese Ermittlung, welche zu weitläufigen Näherungsrecherchen führen würde, möglichst zu vereinfachen, habe ich die Normalprofile für die Zunahme der Wassermenge über das Normalmaß weiter berechnet, d. h. ermittelt, welche Werte bei Vergrößerung der Parabelfläche der Normalprofile und Beibehaltung des normalen Gefalles die Geschwindigkeiten und die Abflummengen erlangen. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind nach Geschiebekategorien geordnet graphisch in Tafel II und III dargestellt worden, und zwar sind linker Hand in einem rechtwinkligen Achsensystem die Breiten als Ordinaten und die Wassermengen als Abszissen aufgetragen, und kennzeichnen die eingezeichneten Kurven, ausgehend von den Elementen des Normalprofils bei gleichbleibendem Gefälle und bei Zunahme der Normalparabelfläche das Verhältnis der Breite zu der Wassermenge. Zur rechten Hand ist in diesem Graphikon das Verhältnis der Breiten zu den Flächen in gleicher Art dargestellt, so daß aus den beiderseitigen Ordinatensystemen, sobald für einen Fall die Wassermenge und das Gefälle gegeben ist, sofort die Wasserspiegelbreite und die Fläche abgelesen und daraus dann die mittlere Tiefe mittels der Gleichung $\frac{F}{B} = T_m$ und die mittlere Geschwindigkeit mittels der Gleichung $\frac{Q}{F} = v_m$ berechnet werden kann.

Um nun das früher angeführte Parabelprofil für rund 300 m³ Abflummenge und 1.8 m mittlere Geschwindigkeit zu ermitteln, wird eine Hilfskonstruktion durchgeführt; man entnimmt vorerst den Diagrammen Tafel II und III für die vier festgestellten Kategorien unter Berücksichtigung des gegebenen Gefalles von 0.001 den Wert der Wasserspiegelbreite auf Grund der Abflummenge von 300 m³. Dieser stellt sich im gegebenen Fall für die feinkörnigen Geschiebe auf 30.4 m, für kleine auf 59.0 m und für mittlere auf 97.0 m. Diesen Wasserspiegelbreiten entsprechen aus dem rechtsseitigen Teile der Graphikons die zugehörigen Flächen von 124 m², 147 m² und 183 m², woraus sich die mittleren Tiefen mit 4.08, 2.49 und 1.89 m ergeben. Trägt man nun

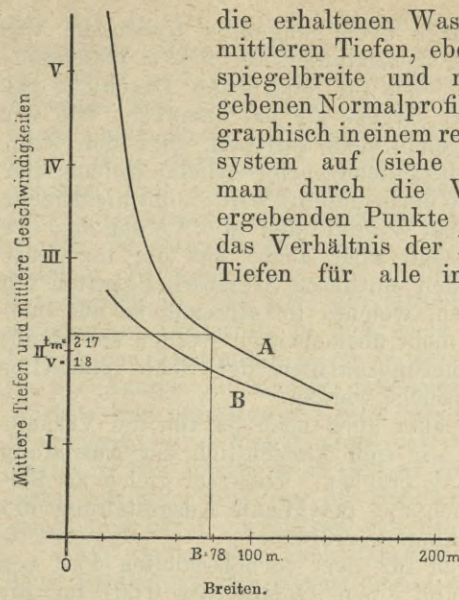


Abb. 4. Hilfskurven zur Ermittlung der Elemente des praktischen Profils für eine bestimmte Geschwindigkeit bei dem Gefälle von 0.001 und der Wassermenge von 300 m³.

die erhaltenen Wasserspiegelbreiten und mittleren Tiefen, ebenso auch die Wasserspiegelbreite und mittlere Tiefe des gegebenen Normalprofils für grobe Geschiebe graphisch in einem rechtwinkligen Achsensystem auf (siehe Abb. 4.), so erhält man durch die Verbindung der sich ergebenden Punkte eine Kurve, welche das Verhältnis der Breiten und mittleren Tiefen für alle innerhalb der Grenz-

punkte gelegenen zulässigen Profile von 300 m³ Kapazität bei 0.001 Gefälle darstellt. Berechnet man ferner für die drei Fälle auch noch die mittlere Geschwindigkeit aus Wassermenge und Fläche (2.42, 2.04 und 1.64 m), so kann man mit Bezug auf die Wasserspiegelbreite auch die

Kurve des Verhältnisses für letzteres Element zur mittleren Geschwindigkeit konstruieren, welcher Kurve selbstverständlich auch der durch gleiche Elemente des Normalprofils gegebene Punkt angehört (siehe Abb. 4).

Aus diesen Kurven ist man nunmehr in der Lage, für jede gewählte Geschwindigkeit, die innerhalb der hier resultierenden Grenzwerte liegt, das zugehörige verengte Profil abzuleiten, somit auch für die hier verlangte Geschwindigkeit von 1.8 m. Die für dieses Profil sich ergebenden Werte der Elemente sind durch die in Abb. 4 eingezeichneten Ordinaten- und Abszissenlinien hervorgehoben. Hiemit ist auch die gestellte Aufgabe, das Normalprofil eines Gewässers zu bestimmen, erfüllt, die freilich durch die Annahme, daß das Einengungsprofil eine Geschwindigkeit von 1.8 aufweisen soll, beschränkt war.

Wir haben somit bei dem eben beschriebenen Vorgange zwei Momente zu unterscheiden, und zwar vorerst die Bestimmung des wirklichen Normalprofils oder, wie es fürderhin genannt werden soll, „idealen Normalprofiles“, das ist jenes, welches dem gegebenen Gefälle und der angenommenen Maximalwassermenge aus dem aufgestellten Schema über die Normalprofile entspricht, und sodann die Ermittlung des durch die Verhältnisse beschränkten Profils, des „praktischen Normalprofiles“, das ist jenes Profil, dessen charakteristische mittlere Geschwindigkeit den praktischen Bedingungen am besten nachkommt.

Zunächst sei mir aber noch gestattet, bei den Verhältnissen zu verweilen, die sich aus der Einengung ergeben, bezw. die bei den durch die graphische Darstellung in Abb. 4 zum Ausdruck gebrachten Beziehungen, zwischen dem für alle hier besprochenen Fälle als konstant angenommenen Gefälle und der Wassermenge einerseits und der mittleren Geschwindigkeit und Tiefe sowie der Wasserspiegelbreite andererseits bestehen.

Die in Abb. 4 dargestellte Kurve A für das Verhältnis der Wasserspiegelbreite und mittleren Tiefe zeigt nämlich von einer bestimmten Grenze an eine rapide Zunahme der mittleren Tiefe gegenüber der Wasserspiegelbreite, während bei Kurve B von dieser Grenze an die mittlere Geschwindigkeit nahezu im selben Maße wie im übrigen Teile zunimmt. Diese Grenze läßt sich, wie ein Vergleich derartiger Kurven bei den verschiedensten Ge-

fallen ergibt, mit jenem Profil ungefähr feststellen, das durch das vergrößerte Normalprofil für 0.33 m Geschwindigkeit, daher durch jenes für feinkörnige Geschiebe gegeben ist. Von dieser Grenze ab ist demnach, wie wir sehen, die Einengung nicht mehr rationell, denn der Nachteil, der durch die bedeutende erforderliche Hebung der Wasserspiegelnivellette herbeigeführt wird, steht nicht mehr im Verhältnis zu dem Vorteil, den die Verengung des Bettes liefert. Man sieht aber auch, daß die für diese Grenze sich ergebenden mittleren Geschwindigkeiten ein Maß erreichen würden, welches im allgemeinen aus baulichen Gründen nicht mehr überschritten werden soll, damit die notwendigen Sicherungsanlagen der Sohle und Ufer nicht allzusehr beansprucht werden.

Es handelt sich aber auch noch darum, die Verhältnisse zu beleuchten, die sich hinsichtlich der Austiefung bei erfolgter Einengung ergeben. Dies sei gleich an Beispielen, bei denen auch die polygonale Ausgestaltung des Profiles zur Sprache kommt, erörtert.

Es wäre nämlich für den vorbehandelten Fall von 300 m³ Abflußmenge und einem Gefälle von 0.001 für die mittlere Geschwindigkeit von 1.8 m und für den vorbesprochenen Grenzfall, der eine mittlere Geschwindigkeit von 2.40 m aufweist, das polygonale Profil zu zeichnen und die zu gewärtigende Austiefung der Sohle zu bestimmen. Letztere Aufgabe stellt sich sehr einfach dar, u. zw. wie folgt.

Wie aus Abb. 2 zu ersehen ist, wurde für die Normalprofile von $v = 0.33, 0.65, 1.0$ und 1.4 m und 0.001 Gefälle die Austiefung bereits ermittelt, und es ist daher auf graphischem Wege möglich, das Verhältnis der Austiefung zur mittleren Geschwindigkeit in einem rechtwinkligen Achsensystem (siehe Abb. 5) darzustellen. Wird

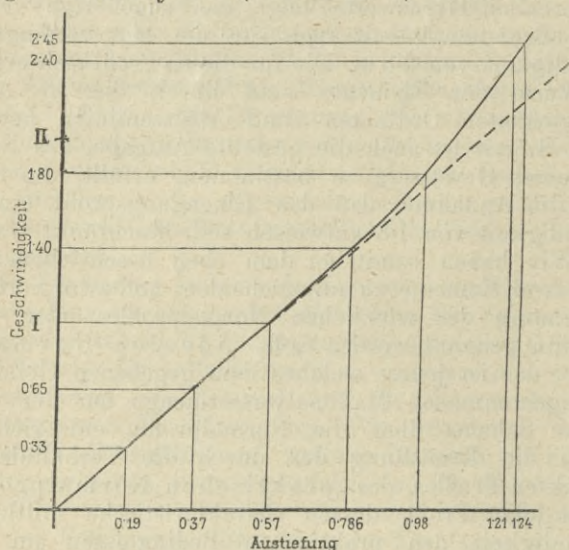
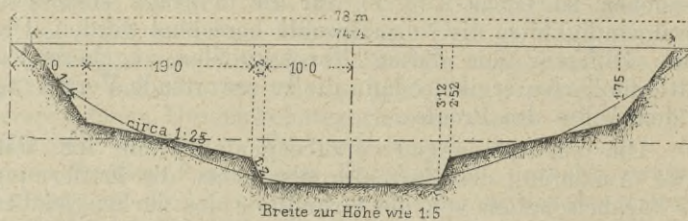


Abb. 5. Kurve der Austiefung der idealen Normalprofile für das Gefälle von 0.001.

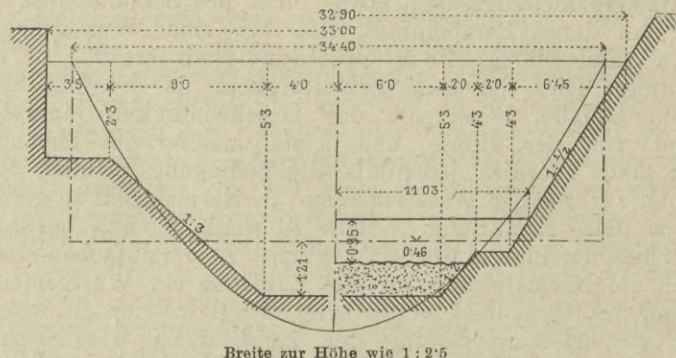
nun nach dem durch die Gleichung 18 gegebenen Verhältnisse und dem Gefälle von 0.001 ein Normalprofil, dessen mittlere Geschwindigkeit die gegebene Maximalgeschwindigkeit von 2.40 m überschreitet, ermittelt, so erhält man einen neuen Punkt für die in Abb. 5 dargestellte Kurve der Eintiefung und kann durch Zeichnung der Kurve für jeden zwischen dem neu erhaltenen und jenem von 1.4 m gelegenen Wert der mittleren Geschwindigkeit, sonach auch für 1.8 m und 2.4 m, die Austiefung bestimmen. Diese ergibt sich für 1.8 m mittlere Geschwindigkeit mit 0.98 m, für 2.4 m mittlere Geschwindigkeit mit 1.21. Daß das Verhältnis der Eintiefung zur mittleren Geschwindigkeit bei Zunahme letzterer, wie die Kurve in Abb. 5 zeigt, abnimmt, ist wohl der Zunahme der Druckhöhe zuzuschreiben.

Übergehend auf die Konstruktion des Polygonzuges der Profilform, u. zw. für das praktische Profil von 2.40 m und 1.8 m mittlere Geschwindigkeit, ist es vorerst notwendig, die Elemente dieser Profile festzustellen. Das Gefälle von 0.001 und die Wassermenge von 300 m³ sind bereits gegeben, ebenso für die Geschwindigkeit von 1.8 m und analog für 2.4 m aus Abb. 4 die Wasserspiegelbreite und mittlere Tiefe. Es ergibt sich hierfür $B = 78$ m, bzw. $B = 30.4$ m, und $T = 2.17$ m, bzw. $T = 4.08$ m. Zeichnet man nun für die zwei Fälle, wie es in Abb. 6 und 7 geschehen, die



Für das Polygonprofil ergibt sich die Geschwindigkeit mit 1.87 m.

Abb. 6. Praktisches Normalprofil bei einem Gefälle von 0.001 und der Geschwindigkeit $v = 1.80$ m für die Parabelschale.



Für das linke Polygonprofil ergibt sich die Geschwindigkeit mit 2.34 m. Für das rechte Polygonprofil ergibt sich die Geschwindigkeit mit 2.36 m.

Abb. 7. Praktisches Normalprofil bei einem Gefälle von 0.001 und der Geschwindigkeit von 2.40 m für die Parabelschale.

entsprechenden Profilrechtecke und in diese die flächengleichen Parabeln ein, so geben letztere die Leitlinien für den Polygonzug an. Dieser wurde gleichfalls in den genannten Abbildungen mit den bisher üblichen Böschungsverhältnissen dargestellt, wobei auch die vorberechnete Austiefung entsprechend berücksichtigt werden mußte. Für den ersten Fall ergab sich nämlich nach vorigem die Austiefung mit 0.98 m, während bei der flächengleichen Parabel des praktischen Profiles die Entfernung des Scheitels von der Grundlinie des Flächenrechteckes 1.07 m, somit um 0.09 m mehr beträgt. Als nutzbare Fläche wird daher, da die Austiefung nicht weiter schreiten kann als bis 0.98 m unterhalb der Basis des Flächenrechteckes, die durch dieses Maß begrenzte Fläche dienen können, und es wird auch mit Rücksicht auf den großen Krümmungsradius der Normalparabel für die praktische Anwendung diesfalls genügen, die Sohle als Gerade anzunehmen.

Im zweiten Falle ist der Unterschied zwischen der berechneten Austiefung von 1.21 m und der Entfernung des Scheitels der flächengleichen Parabel von der Basis von 2.04 m nicht mehr so gering. Diese Differenz beträgt 0.83 m und wirkt somit auf die Linienführung des Polygons nicht unwesentlich ein, denn es muß, um die gleiche Abflußmenge wie das Profil der Parabelfläche zu ergeben, mit dem Polygonzuge im oberen Teile außerhalb der Parabeläste gerückt werden. Aus Abb. 7 ist auch zu ersehen, wie sich für den zweiten Fall etwa ein Profil mit senkrechten Ufern herausstellen würde.

Der hier geschilderte Vorgang der Aufstellung des Normalprofils sei nun noch einmal kurz wiederholt. Bei Aufstellung eines Normalprofils, d. i. des zur Ausführung bestimmten praktischen Normalprofils, ist vorerst jene Wassermenge festzusetzen, die dem Profile als Grundlage zu dienen hat, wie z. B. mittleres jährliches Hochwasser, Bordwasser, Mittelwasser etc. Ist dies erfolgt, so wird für diese Wassermenge nach dem gegebenen Gefälle das ideale Normalprofil ermittelt, das als Ausgangspunkt für die Berechnung des praktischen Normalprofils dient. Nunmehr ist festzustellen, welche mittlere Geschwindigkeit für die Einengung, bezw. für das praktische Normalprofil zulässig ist, worauf mit Hilfe der Normalparabelflächen geringerer Kategorien, jedoch gleicher Kapazität wie das ideale Normalprofil und aus den Elementen der letzteren die Hilfskurven für das Verhältnis der mittleren Tiefen und Wasserspiegelbreiten und der Wasserspiegelbreiten und mittleren Geschwindigkeiten zu konstruieren sind. Aus den sich diesbezüglich ergebenden Kurven können dann die Elemente für das praktische Profil von bestimmter mittlerer Geschwindigkeit entnommen werden. Endlich ist für die mittlere Geschwindigkeit des praktischen Profils die Austiefung mittels des idealen Normalprofils gleicher Geschwindigkeit zu bestimmen und sodann der Polygonalzug festzustellen. Das durch den Polygonalzug begrenzte Profil mit Berücksichtigung der Austiefung bei der diesem Profile zukommenden Maximalwassermenge ist dann das gesuchte Normalprofil.

Welches Sohlenniveau bei geringeren Wassermengen eintreten wird, läßt sich nach dem Vorgesagten leicht bestimmen, indem für die einer solchen Wassermenge nach dem Polygonalprofil entsprechende Geschwindigkeit das ideale Normalprofil ermittelt wird, welches sodann die fragliche Austiefung angibt. Das vollbordige Profil zeigt naturgemäß die maximale Austiefung an und gibt somit, was gewiß nicht zu unterschätzen ist, den Maßstab für die Fundierung der Uferbauten.

Dies wird einleuchtend, sobald man für einen anderen Wasserstand oder eine geringere Wassermenge die Sohlenniveaus berechnet, was, um das Beispiel möglichst kraß zu gestalten, an dem in Abb. 7 dargestellten Falle erfolgen soll. Ist die mittlere Wassermenge z. B. mit $15 m^3$ gegeben, so ist, da das Profil durch die zu berechnende Austiefung an der Sohle noch unbegrenzt erscheint, auch die Geschwindigkeit nicht genau bestimmt, welche die Austiefung bedingt. Es muß deshalb hier eine näherungsweise Berechnung platzgreifen, wobei ein Blick in die der Abb. 2 beigegebene Tabelle sehr unterstützen wird. Man entnimmt dort, daß in der Normalparabel für 0.001 Gefälle 0.65 m Geschwindigkeit bei einer Wasserspiegelbreite von 32.25 m fast dieselbe Wassermenge von $15 m^3$ zum Abfluss kommt. Da in Rede stehende Polygonprofil jedoch weit enger ist, sonach bei gleicher Abflußmenge seine mittlere Tiefe und die Geschwindigkeit größer sein wird, so kann z. B. für letztere vorerst 0.80 m angenommen werden. Für diese Geschwindigkeit ergibt sich (siehe Abb. 7) eine Austiefung von 0.46 m, und ist demnach in diesem Abstände von der Normalbasis die Sohle vorläufig anzunehmen. Hierauf berechnet man die Geschwindigkeit, bezw. die Wassermenge für ein dem Polygonprofil angepaßtes Profil von z. B. 0.95 m maximaler Tiefe, das folgegemäß im Profile 22.06 m Wasserspiegelbreite erreicht; es ergibt sich dann die mittlere Geschwindigkeit $v = 0.81 m$, die Wassermenge $Q = 14.8 m^3$, welche den Annahmen so annähernd entsprechen, daß von einer weiteren noch genaueren Bestimmung wohl Abstand genommen werden kann. Es stellt sich somit ein Schwanken in der Höhenlage der Sohle in dem genannten Profile von $1.21 - 0.46 = 0.75 m$ heraus, sobald die Wassermenge von $300 m^3$ bis $15 m^3$ abnimmt, während bei gleicher Abnahme im Normalprofil bloß eine

Schichte von 0.41 m zur Ablagerung gelangen würde. Die Austiefung nimmt sonach mit der Verengung zu, denn es wächst auch die Geschwindigkeit bei dem gewählten Beispiele von 1.4 m beim idealen Normalprofil auf 2.4 m beim praktischen Normalprofil. Das vorberechnete Maß von 0.76 m dürfte aber auch das Maximum für den gegebenen Fall sein, da eine Ablagerung von Sand in derartigen Gewässern, wie bereits betont wurde, nicht zu erwarten ist. Man ersieht auch aus dem vorigen Beispiel, welchen Schwankungen die Sohle in gewissen Fällen unterworfen ist, und wird auf Grund der vorgeführten Berechnungen fürderhin in der Lage sein, den nachteiligen Folgen der Austiefung durch entsprechende Vorkehrungen bei der Anlage der Bauten entgegenwirken zu können. In Wirklichkeit bestätigt sich auch die hier auf spekulativem Wege gewonnene Erscheinung der Austiefung, indem ein Steinwurf fast immer nach Ablauf eines Hochwassers nachsinkt, sobald er bloß auf die Sohle des Niederwassers aufgelegt und nicht eingebettet worden ist.

Ich glaube aber auch darauf hindeuten zu sollen, daß diese Ermittlung der Normalprofile auch zu der Erwägung führen dürfte, ob weiterhin noch an der traditionellen Profilierung, insbesondere der Steinwürfe, festgehalten werden soll und nicht hierfür zweckentsprechendere und ökonomischere Profile anzuwenden wären. Auch diesen Gedanken muß ich in vorliegender Abhandlung vorläufig bloß als perspektivischen Ausblick wirken lassen und will dagegen zur weiteren Illustration der hier angestellten Deduktionen nur noch als Beispiel das Profil eines großen Gewässers, nämlich dasjenige der Donau bei Traismauer Km. 58.868 oberhalb Wien vorführen.

Die Daten für dieses Profil, welche aus der Publikation des Hydrographischen Zentral-Bureaus: „Beiträge zur Hydrographie Österreichs“, V. Heft, entnommen sind, zeigen zwar einen durch Uferbauten regelmäßig begrenzten Flußschlauch, jedoch, was die Sohlens Ausbildung anbelangt, ein ungünstiges, sogenanntes Sackprofil. Wegen dieser Eigenschaft habe ich es eben gewählt, um das hier aufgestellte System an einem unregelmäßigen Falle zu demonstrieren. Für die durch die Uferbauten begrenzte charakteristische Wassermenge ist in der genannten Publikation das Maß von $3886 m^3$, d. i. die Menge des Bordwassers vom April 1901 angegeben und somit diese für das Profil der sogenannten praktischen Normalparabel maßgebend. Da das ideale Normalprofil für diesen Fall nach der früher geschilderten Berechnungsart eine Wasserspiegelbreite von rund 600 m, eine mittlere Tiefe von 3.24 m und eine Geschwindigkeit von 2.00 m aufweisen würde, so beträgt die Einengung, da der Bordwasserspiegel die Breite von 301.1 m besitzt, die Hälfte, weshalb im Naturprofil die mittlere Tiefe um 1.81 m und die mittlere Geschwindigkeit um 0.55 m größer ist als im idealen Profile. Wie man aus umstehender Abb. 8, in welcher das Querprofil Traismauer zur Darstellung gebracht ist, entnimmt, liegt die Basis des Flächenrechteckes, da die mittlere Tiefe 5.05 m und die Kote des Wasserspiegels 186.83 m beträgt, in dem Niveau von 181.78 m und daher der Scheitel der flächengleichen Parabel in der Höhe von 179.26 m.

Entsprechend der Lage der Maximalgeschwindigkeit des Gewässers in diesem Falle habe ich in Abb. 8 statt der symmetrischen eine flächengleiche, jedoch ungleicharmige Parabel mit der Achse im Stromstriche eingezeichnet, ein Vorgang, der seine Begründung in dem später berührten Vergleiche der Sohlenlinie des Niedrigwassers mit der zugehörigen Parabelschale findet und der auch bei unzähligen Beispielen als zutreffend erwiesen werden kann.

Die Austiefung bei der Wassermenge von $3886 m^3$, bezw. bei der mittleren Geschwindigkeit von 2.55 m und dem Gefälle von 0.00056 ergibt sich, analog wie beim vorigen Beispiele berechnet, mit 2.21 m, weshalb der

Scheitel des praktischen Profils auf der Höhe von 179·57 m liegt und eine von diesem Niveau in die Flächenparabel verlaufende Kurve die Kurve des praktischen Normalprofils darstellt, d. i. jene Linie, welche die Sohle bei Bordwasser annehmen würde, sobald die Uferböschungen ihr annähernd angepaßt worden wären.

Die striktere Form dieser Sohlenlinie ergibt sich naturgemäß wie die Austiefung selbst nach dem Verlaufe der Sohle des idealen Normalprofils für das Gefälle von 0·00056 und für die mittlere Geschwindigkeit von 2·55 m, doch wird bei den Schnittpunkten mit der flächengleichen Parabel eventuell eine Übergangskurve einzulegen sein. Bei kleineren Profilen wird es zumeist, wie wir beim vorigen Beispiele gesehen haben, genügen, diese Linien als Gerade zu zeichnen. Um dem praktischen Normalprofil eine bessere Anpassung zu geben, hätte ich freilich beidseitig mit dem Ansatz der Parabeläste etwa um 5—6 m zurücktreten, d. h. die Wasserspiegelbreite um diese Maße größer annehmen können, doch wäre dies einerseits verhältnismäßig wenig von Belang für die Tiefe, andererseits war es mir daran gelegen, vornehmlich bei diesem Beispiele auf die ungünstigen Böschungsverhältnisse der Ufer sowie auf den infolge des rechten Hochufers entstandenen Kolk besonders hinzuweisen.

Daß die Sohle des eingezeichneten, praktischen Normalprofils tiefer liegt als die tatsächlich gepeilte Sohle, ist darauf zurückzuführen, daß die Sondierung letzterer bei Niedrigwasser erfolgte und sonach die gepeilte Sohle nur auf dieses bezogen werden kann. Im Grunde genommen sollte daher für Hochwasser und Niedrigwasser immer eine verschiedene Höhenlage der Sohle berücksichtigt werden. Dies ist jedoch schwierig, da die Erhebung der Sohle bei Hochwasser meist untunlich und erst bei niederen Wasserständen erfolgen kann. Auch ist zu bedenken, daß bei Hochwasser eine gewisse Schichte oberhalb der Sohle mit gleitenden und rollenden Geschieben bedeckt ist, wodurch die Abgrenzung der Sohle verwischt wird und sich somit auch die tatsächliche Wassermenge nicht nach dem vorgezeichneten praktischen Normalprofil, sondern höher ergibt; endlich bewegt sich in den meisten Fällen der hiedurch begangene Fehler in jenen Grenzen, welche bei einer Kapazitätsermittlung des Profils überhaupt auftreten. Immerhin wird die bisher im allgemeinen nicht beachtete Erscheinung, daß die gepeilte Sohle sich bloß auf den Wasserstand der Peilung bezieht, in gewissen Fällen doch zu berücksichtigen sein und auch manchen Umstand erklären, der bis jetzt einer sicheren Begründung entbehrte.

Wenden wir uns nun in diesem Beispiele jenem Niedrigwasser zu, das durch die Wasserspiegelkote von 183·76 m in Abb. 8 gekennzeichnet ist, so wird vorerst für dieses analog wie für das Bordwasser die Flächenparabel zu zeichnen sein. Letztere kann mit Rücksicht auf den Umstand, daß die Austiefung sich hierbei nur um 6 cm geringer erweist als die Entfernung des Scheitels der Flächenparabel von der Basis, füglich schon als das praktische Normalprofil gelten. Die Maximaltiefe des Niedrigwassers liegt somit in dem Niveau von 179·78 m, beziehungsweise 179·72 m. Man ersieht aber auch aus der Abb. 8, daß die linksseitige Überlagerung der Sohle mit den Auskolkungen nahezu im Gleichgewicht steht und das praktische Normalprofil auch mit dem natürlichen übereinstimmt, eine Erscheinung, die übrigens schon

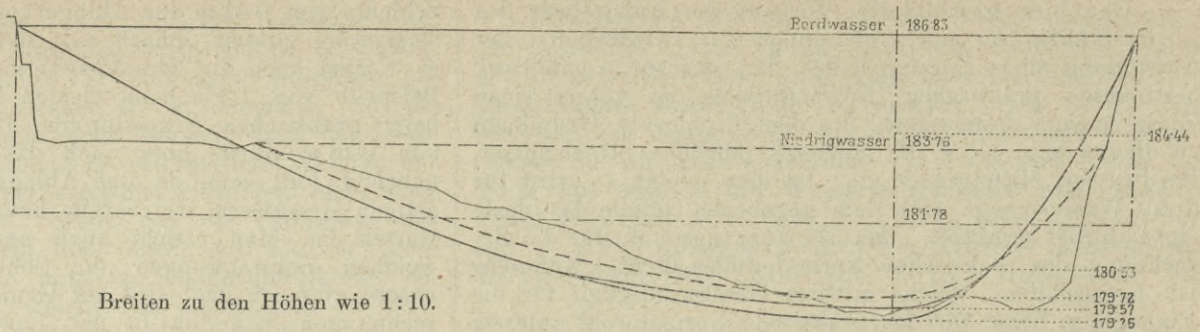


Abb. 8. Querprofil der Donau bei Traismauer, Km. 58·868.

bei den in dieser Abhandlung angeführten 268 Beispielen aufgetreten und die als Beweis für das Zutreffen der Formen der Normalprofile in der Natur anzusehen ist. Noch viel deutlicher gibt sich derselbe Beweis bei den in der benannten Publikation des hydrographischen Zentralbureaus angeführten regelmäßigen Profilen der Donau, wie Schwallenbach Km. 93·9, Spitz Km. 89·9, Höflein Km. 16·5 etc., indem in diesen Profilen die Parabellinie mit der Sohle fast vollkommen zusammenfällt.

Von Interesse dürfte jedenfalls auch die Berechnung sein, wie hoch die Sohle bei Niedrigwasser zu liegen käme, falls einerseits das praktische Normalprofil vorhanden, andererseits das Gefälle bei allen Wasserständen, somit auch bei Niedrigwasser das gleiche wie bei Bordwasser wäre. Die Berechnung ist die gleiche näherungsweise, wie sie im vorigen Beispiel für die Sohlenlage des Mittelwassers von 15 m³ Abflußmenge durchgeführt wurde. Da sich nach der Berechnung die mittlere Geschwindigkeit des Niedrigwassers mit 1·50 m herausstellt, somit die hiebei eintretende Austiefung 1·25 m beträgt, so ist dieses Maß für das Niveau der Maximaltiefe von der Höhenlage der Basis des Profilrechteckes des Bordwassers von 181·78 m in Abzug zu bringen. Der Scheitel der Austiefung für das Niedrigwasser käme in das Niveau von 180·53 m zu liegen, und würde sich somit eine Hebung der Sohle zwischen Bord- und Niedrigwasser mit 0·96 m ergeben. Dieses Maß erscheint für den ersten Augenblick hoch, doch verschwindet dieser Eindruck, sobald bedacht wird, daß sich beim nicht verengten, dem idealen Normalprofile die Hebung der Sohle zwischen Bord- und Niedrigwassermenge schon mit 0·57 m herausstellt, aber auch in diesem Maße die Schichte der auf der Sohle rollenden Geschiebe enthalten ist.

Nach der Berechnung käme ferner die Nivellette des Niedrigwassers für den vorbezeichneten Fall auf 184·44 m absolute Höhe zu stehen, daher um 0·68 m höher als im dargestellten Profile. Der Grund hierfür liegt darin, daß das Niedrigwasser durch den im Profile eingetretenen Kolk und durch das erhöhte Gefälle herabgesunken ist und in dem Normalprofil auf jene Höhe gehoben wird, welche ein geregelter Stromschlauch bei einem gleichmäßigen Gefälle bedingt. Aber auch das Bordwasser des vorgeführten Profils würde, im Falle es in der dargestellten praktischen Normalparabel zum Abfluß gelangen sollte, aus gleichen Gründen eine höhere Nivellette aufweisen, doch ist diese Differenz nicht mehr so bedeutend und deshalb unberücksichtigt geblieben. Die Differenzen hinsichtlich der Wasserspiegel würden im vollen Maße aber auch nur dann eintreten, wenn die Sohle nicht nur im Profile, sondern auch ober- und unterhalb derselben in ihrer ganzen Ausdehnung auf die Form des praktischen Normalprofils gebracht wird. Nachdem man aber bei Sicherung der Sohle zumeist nur Querbauten in Bühnenform ausführt, so ist, falls dieselben nicht übers Maß gehalten werden, bloß eine schwächere Wirkung, sonach auch nur eine geringere Hebung der Nivellette, insbesondere bei Bordwasser zu

erwarten, indem sich an der Buhne ein höheres Gefälle einstellt, wodurch die berechnete Hebung paralytisch wird.

Die vorberechnete Sohlenschwankung wird Praktiker, die an großen geschiebeführenden Gewässern tätig waren, gewiß nicht verwundern, denn sie kennen die außerordentliche Bewegung, die sich in solchen Gewässern an der Sohle zeigt, sobald der Wasserstand bis zur Bordhöhe ansteigt. Schotterbänke von ziemlichem Umfange entstehen sozusagen über Nacht, wo vorher noch günstiges Fahrwasser zu finden war. So wurde zum Beispiel an der Donau eine im Strome ausgehobene Baggergrube von zirka 20.000 m³ Ausmaß nach einem mittleren Hochwasser von wenigen Tagen Dauer vollkommen verschüttet. Ebenso erzeugen Baggerungen, deren Wirkung nicht gleichzeitig durch bauliche Anlagen unterstützt werden, nur einen ganz temporären Einfluß, eine Erscheinung, die sich selbstverständlich erweist, und auf die schon Du Bois in seiner bereits erwähnten Abhandlung hingewiesen hat.

Das geschiebeführende Gewässer hat eben immer das Bestreben, sich in dem ihm eigentümlichen Gleichgewicht zu halten, und verwendet alle Kraft zur Wiederherstellung des Gleichgewichtszustandes, sobald dieser irgendwie gestört wurde. Deshalb bin ich bei dem von mir aufgestellten Systeme immer von dem Grundgedanken ausgegangen, die Normalprofile den in der Natur sich bietenden Beispielen möglichst anzupassen, damit der Gleichgewichtszustand des Gewässers erhalten und dadurch das angewendete Profil auch stets vom Gewässer eingehalten werde.

Ich will noch die Gefällsverhältnisse kurz streifen, da deren Regelung, die bei einer systematischen Regulierung unbedingt platzgreifen muß, die Aufstellung der zur Sprache gebrachten Normalprofile wesentlich beeinträchtigt. Bekanntlich stellt sich die Gefällslinie eines Gewässers in der Darstellung des Längsprofiles als eine Kurve dar, die gleich wie die Sohlenlinie wellenförmig verläuft. Dieser wellenförmige Verlauf ist bei Niedrigwasser am stärksten, mildert sich bei höheren Wasserständen und nimmt bei bordvollem Profile den ausgeglicheneren Zustand an, weshalb letzterer Zustand für die Regelung der Gefällsverhältnisse auch der maßgebendste sein wird. Die Mittellinie zwischen Wellental und Wellenberg, darstellend das ausgeglichene Gefälle des Gewässers, wird jene Stellen kenntlich machen, wo eine besondere Korrektur erforderlich ist. Diese kann je nachdem entweder durch Hebung oder durch Senkung, jedoch nicht der Sohle allein, sondern nur des entsprechenden gesamten Profiles herbeigeführt werden. Aber selbst dann noch tritt durch die Konfiguration des Flußbettes zumeist ein Wechsel im Gefälle bei längeren Flußstrecken ein, wobei die Tendenz der Abnahme zumeist zum Ausdruck gelangt. Um nun bei der Profilnormalisierung nicht allzu sehr ins Kleinliche zu verfallen, wird es sich empfehlen, für das Gefälle der bettbildenden Wassermenge streckenweise mittlere Gefälle einzulegen, die für die Aufstellung der Normalprofile ausschlaggebend sein werden.

Bei Regulierungen geschiebeführender Gewässer ist es als Prinzip anzusehen, die Geschiebebewegung möglichst gleichmäßig zu gestalten. Nachdem dies aber nur durch Einhaltung einheitlicher mittlerer Geschwindigkeiten bei den verschiedenen charakteristischen Wassermengen möglich ist, so werden bei konstanter Wassermenge und größer werdenden Gefällen sowie bei konstantem Gefälle und größer werdender Wassermenge praktische Normalprofile von größeren Breiten und umgekehrt praktische Normalprofile von geringeren Breiten zu verwenden sein, wenn im ersten Falle das Gefälle und im zweiten die Wassermenge abnimmt. Die Bedingung des Gleichbleibens der mittleren Geschwindigkeit ist nur dort schwierig zu lösen, wo keine Vermehrung der Wassermenge durch Nebenflüsse stattfindet, und wo starke Gefällsbrüche sich einstellen, wie

am Übergang des Hochlandes in das Mittel- und dann wieder in das Tiefland.

Streng genommen sollte die Geschwindigkeit in dem Maße abnehmen, in welchem die Größe des Geschiebes durch die Reibung zur Abnahme gebracht wird. Hierüber bestehen jedoch bisher zu wenig Anhaltspunkte, und da die Verminderung der Größe der Geschiebe nur sehr langsam vor sich geht, so kann im allgemeinen an obiger Bedingung des Gleichbleibens der Geschwindigkeit festgehalten werden. Diese zu erfüllen, ermöglicht zumeist die Vermehrung der Wassermenge durch neuhinzutretende Adern, und wird man dort, wo bei einem vehementen Gefällsbrüche vom stärkeren zum geringeren Gefälle mit der Profilierung das Auslangen nicht gefunden werden kann, zu einem Radikalmittel, zum Beispiel zu einem Schotterfang im großen Maßstabe, greifen müssen.

Aus diesen Darlegungen ist zu ersehen, daß bei einem Gewässer, für welches die für die Profilierung maßgebende Wassermenge und die einzuhaltende Geschwindigkeit gegeben ist, durch die von mir hier dargelegte Berechnungsweise auch ein vollkommenes System für die Normalisierung festgelegt werden kann.

Ich bin mir vollkommen bewußt, daß diesen Berechnungen nicht jene strikte Schärfe beizumessen ist, die streng wissenschaftliche Deduktionen besitzen sollen, schon aus dem Grunde, weil ich denselben eine empirische Formel zugrunde gelegt habe, ich hege aber die volle Überzeugung, daß sie dem Praktiker vollkommen genügen werden, um sich über die danach zu ergreifenden Maßnahmen vollkommen klar zu werden.

In der Besprechung der Normalprofile habe ich bisher vornehmlich bloß den geraden oder wenig gekrümmten Flußlauf im Auge gehabt, aber auch schon bei dem Beispiele des Querprofiles an der Donau darauf hingewiesen, wie die Normalprofile bei veränderter unsymmetrischer Lage des Stromstriches den Verhältnissen anzupassen sind. Freilich wird hierdurch eine weniger günstige Verteilung der Geschwindigkeiten geschaffen, und man wird daher immer bestrebt sein müssen, Extreme zu vermeiden, die einen ununterbrochenen Kampf in der Sicherung der Sohle und Uferwerke gegen die Angriffe der Strömung nach sich ziehen würden. Ein Maß hier festzusetzen, ist Schwierigkeiten unterworfen, da lokale Verhältnisse, wie zum Beispiel bei schiffbaren Gewässern, Landungsplätze etc., zumeist zu besonderem Näherrücken des Stromstriches zum Ufer zwingen, dagegen hohe Ufer, die den Flußschlauch bei größeren Wassermengen als der angenommenen Normalisierungswassermenge wesentlich einengen, ein mehr Entferthalten des Talweges bedingen. Im allgemeinen wird jedoch die zulässige Entfernung der Lage des Stromstriches von dem Wasseranschlage am konkaven Ufer mit $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ der Flußbreite anzunehmen und sich bei Anwendung von Extremen immer gegenwärtig zu halten sein, daß diese im Profile selbst und auch in den benachbarten Profilen mehr oder minder Unregelmäßigkeiten herbeiführen werden.

Denn das Wasser reagiert als flüssiger Körper ganz vehement auf Widerstände, die sich ihm in seiner Bewegung entgegenstellen, sowie auf solche, die es vermögen, die ihm zuteil gewordene lebendige Kraft zu überwinden, und es kommt jeder Impuls, der einwirkt, sofort in der Art und Kraft der Bewegung zum Ausdruck. Diese außerordentliche Aktion und Reaktionsgeschwindigkeit schließt aber auch ein etwa schablonenhaftes Vorgehen bei einer Normalisierung vollkommen aus, denn es müssen immer alle Momente, die auf die Verhältnisse geschiebeführender Gewässer etwa lokal einwirken, wohl erwogen und in dem angewendeten System zum Ausdruck gebracht werden. Es ist mir deshalb nur möglich gewesen, allgemeine Normen festzustellen, die, wie an den Beispielen zu ersehen war, in der Praxis als Richtschnur für die weitere Behandlung sowie für die Ausarbeitung der Details zu dienen haben werden.

Zum Schlusse dieser Abhandlung sehe ich mich veranlaßt, auf die Anwendung meiner Formel zur Ermittlung der mittleren Geschwindigkeit zurückzukommen, nachdem dieselbe bei der Berechnung der Querprofile eine ausgiebige Verwendung findet, und muß vor allem bemerken, daß die vielen seit der Veröffentlichung der Formel mir untergekommenen Wassermessungsergebnisse nicht nur die zutreffende Wahl des Hauptausdruckes, sondern auch der einzelnen Faktoren und Koeffizienten bisher vollständig bestätigt haben.

Da nun aber die für die praktischen Normalprofile anzustellenden Berechnungen gewissermaßen höhere Ansprüche an die Elastizität der Formel stellen, so habe ich die in der Formel einzusetzenden Koeffizientenwerte graphisch dargestellt, um die stufenförmigen Sprünge zu vermeiden, welche die bisherige Angabe dieser Werte in Tabellenform herbeigeführt hat.

Diese graphische Darstellung füge ich dieser Abhandlung in Tafel IV als Ergänzung bei, gleichwie ich in dieser Tafel in Tabellenform die Formel selbst ihrer Anwendung nach übersichtlich zusammengestellt bringe.

Von einer graphischen Darstellung der Elemente des natürlichen Normalprofiles T_n und J_n sowie des variablen

Faktors $\frac{1}{\sqrt{B} \sqrt{0.001}}$ mußte ich hier

absehen, nachdem dieselbe, insofern sie für genauere Berechnungen von ausreichendem Wert sein soll, in einem Maßstabe erfolgen müßte, der aus dem Rahmen der üblichen Tafeln fällt, umsomehr, als solche Tafeln auch von jedem selbst leicht entworfen werden können, der es nicht etwa vorzieht, die meinen Publikationen beigegebenen Tabellen zu benutzen.

Auf diese Publikationen*) muß ich mich auch hinsichtlich der Anwendung der Formel in konkreten Fällen sowie insbesondere bezüglich des bei den Berechnungen in Betracht fallenden Gefälles beziehen (siehe Publikation 1903), und bleibt mir nur noch übrig, ein Moment ausführlicher zu besprechen, welches vornehmlich bei Normalisierungen auftritt. Es ist dies die Berechnung der mittleren Geschwindigkeit, beziehungsweise der Abflußmenge für ein Profil, bei welchem die Wasserspiegelbreite von gewissen Wasserständen an plötzlich zunimmt.

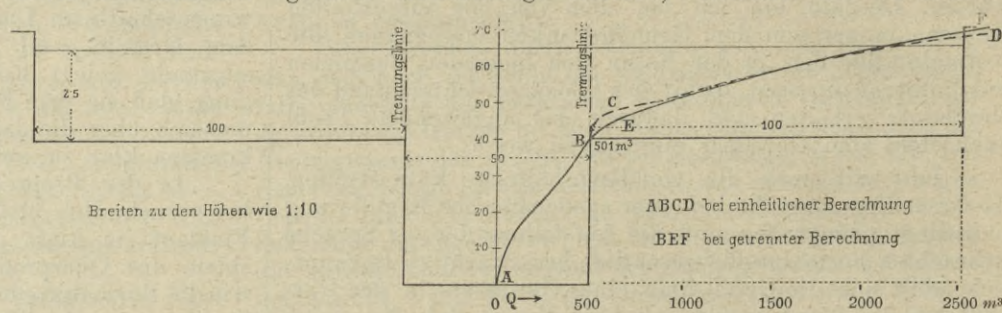
Die Formel, in welcher die Charakteristik des Profils vornehmlich durch das Verhältnis der Wasserspiegelbreite zur mittleren Tiefe gegeben ist, erfährt in dem Falle, als die Breite plötzlich in bedeutendem Maße zu- und daher die mittlere Tiefe wesentlich abnimmt, sowohl im Hauptausdruck als auch in den einzelnen Faktoren eine Veränderung, welche den tatsächlich eingetretenen Verhältnissen weniger entspricht, als wenn eine Trennung vorgenommen und der bisherige Flußschlauch sowohl als der neuhinzugetretene Profilteil einzeln berechnet werden. Wäre z. B. für das in Abb. 9 dargestellte schematische Profil die Konsumtionskurve zu berechnen und hierfür das Gefälle mit 0.001 gegeben, so stellt sich die genannte Kurve für die Wasserstände von 0 bis + 40 m in der Abb. 9 in der durch die Linie A B gegebenen Form dar. Bei steigendem Wasser tritt nun eine außerordentliche Zunahme der Wasserspiegelbreite, und zwar von 50 m auf 250 m

*) 1. R. Siedek. Studie über eine neue Formel zur Ermittlung der mittleren Geschwindigkeit des Wassers in Flüssen und Strömen.

2. R. Siedek. Studie über eine neue Formel zur Ermittlung der mittleren Geschwindigkeit des Wassers in Bächen und künstlichen Gerinnen. Wien 1901 und 1903, Wilhelm Braumüller; siehe auch „Zeitschrift des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines“ 1901, Nr. 22, 23 und 26; 1903, Nr. 7 und 8 (ohne Hilfstabellen).

ein, indes die mittlere Tiefe sich bei einer Wasser-spiegelhöhe von + 4.50 m von 4.0 m auf 1.3 m reduziert. Berechnet man die mittlere Geschwindigkeit nach der Formel bei zunehmendem Wasserstand für das ganze Profil, so ergibt sich des weiteren die Kurve B C D, während die Kurve B E F resultiert, wenn der Flußschlauch und die Vorländer rechteckig abgeschlossen getrennt berechnet und die Einzelergebnisse summiert werden. Die beiden Kurven weichen insoweit voneinander ab, insoweit die Tiefe am Vorlande nicht ein bestimmtes Maß erreicht hat, bzw. bis ungefähr die mittlere Tiefe des gesamten Profils nahezu gleich ist der des Profils des idealen Gewässers.

Wird erwogen, daß für den Fall, als das Vorland nur wenig überronnen ist, ein Zusammenhang der daselbst abfließenden Wassermengen mit jenen des Flußschlauches nur wenig besteht, bei der geteilten Berechnungsart auch die eingeführten mittleren Tiefen den tatsächlichen Verhältnissen in den Profilteilen am meisten entsprechen, während bei der ungeteilten Berechnung für das ganze Profil ein Mittelwert in Rechnung gestellt wird, so ist auch die geteilte Berechnungsart berechtigt und daher vorzuziehen, u. zw. insoweit, als nicht die ungeteilte Berechnung die gleiche oder größere Abflußmenge liefert.*) Letzteres ist bei höheren



Schematisches Profil. Abb. 9. Konsumtionskurven bei einem Gefälle von 0.001.

Wasserständen immer der Fall, da dann die Charakteristik des Abflusses wesentlich einheitlicher wird, dagegen bei der geteilten Berechnung die Faktoren der Formel, wie der Tiefe, der Masse und des Profils, infolge der zunehmenden Höhe und nahezu gleichbleibenden Breite Werte annehmen, die nur wirklich abgeschlossenen Profilen und nicht gegeneinander offenen entsprechen. Denn es ist bei letzteren Berechnungen die Annahme erforderlich, daß die Geschwindigkeit an den Abgrenzungslinien benachbarter Profile Null wird, ein Zustand, der in Wirklichkeit nicht vorhanden, bei zunehmender Höhe aber von wesentlichem Einfluß auf die Berechnung ist.

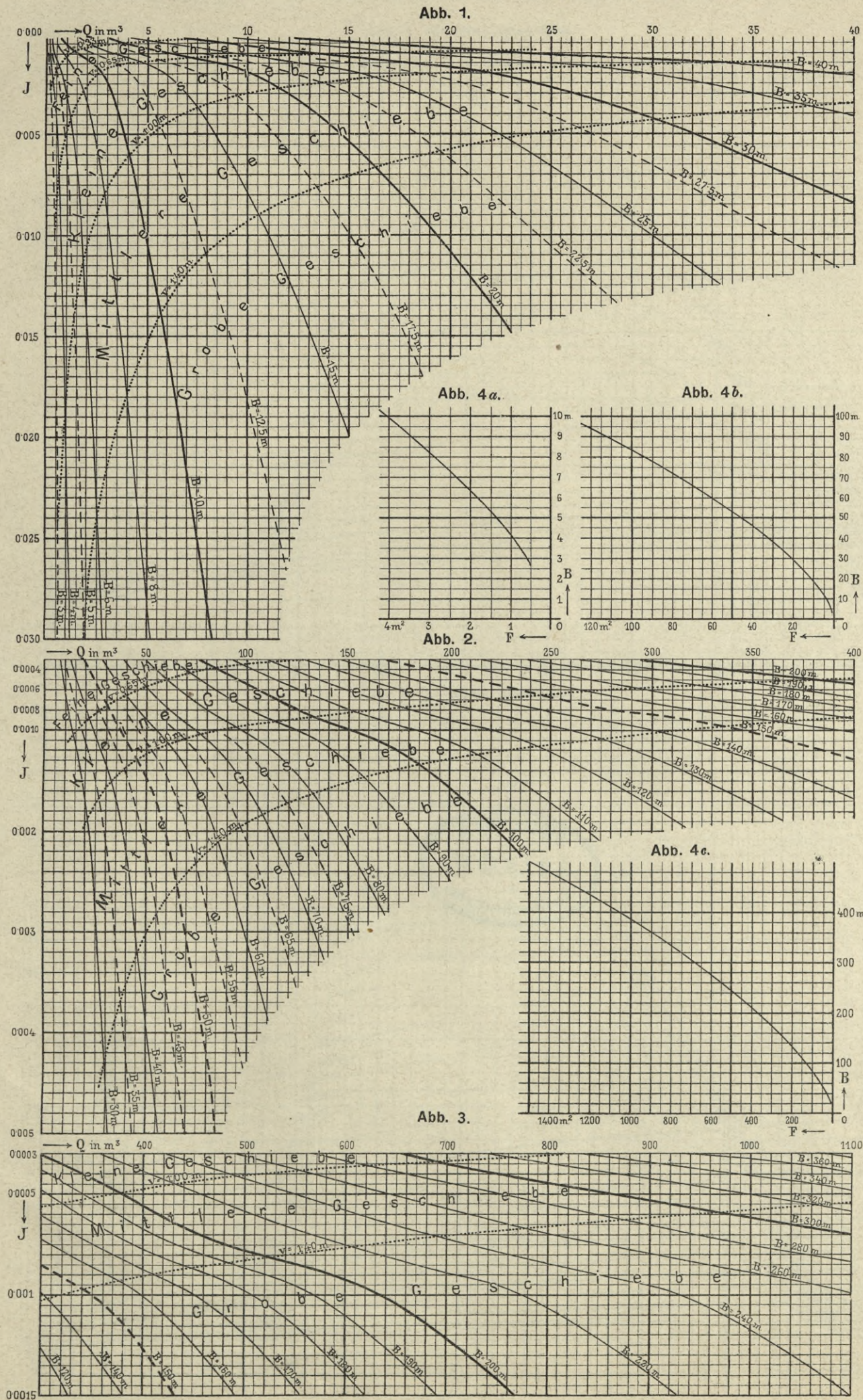
Leider konnte ich in dieser Abhandlung viele interessante Gebiete, wie Geschiebebewegung, Strömungsverhältnisse, hiedurch bedingte Austiefung, Regelung der Gefällsverhältnisse, Richtungsverhältnisse, Qualität und Form der Bauten etc., welche durch das besprochene Thema berührt werden, entweder nur kurz oder bloß andeutungsweise streifen, da der Stoff sonst zu mächtig angewachsen wäre und manches der hieraus sich ergebenden Kapitel bei gründlicher Behandlung die eigentliche hier zur Lösung geführte Frage beeinträchtigt hätte. Aber auch die Menge des auf einmal zu bewältigenden Stoffes hielt mich hievon ab, denn vieles darin bedarf noch der Aufklärung und gründlichen Erforschung sowie der praktischen Bestätigung. Endlich erschien mir auch die Frage der Normalisierung geschiebeführender Gewässer für die Praxis viel zu wichtig, um die hier gegebene Lösung nicht baldigst der Öffentlichkeit zu übergeben.

*) Nur in äußerst extremen Fällen, d. i. bei verhältnismäßig außerordentlich großen Breiten, wo die Differenz $T_n - T$ positiv und sehr groß ausfällt, wird bei der ungeteilten Berechnungsart auch ein höherer Wert erhalten, bevor die mittlere Tiefe des gesamten Profils der des Profils des idealen Gewässers gleich ist; jedoch auch dann ist nach der geteilten Berechnungsart vorzugehen.



SIEDEK: Studie über die Bestimmung der Normalprofile geschiebeführender Gewässer.

Diagramme zur Ermittlung der Wasserspiegelbreite, der Profilfläche und der Geschiebegattung des idealen Normalprofiles auf Grund der Wassermenge und des Gefälles.





SIEDEK: Studie über die Bestimmung der Normalprofile geschiebeführender Gewässer.

Diagramme zur Ermittlung der Wasserspiegelbreite und der Profillfläche der nach der Normalparabel vergrößerten idealen Normalprofile auf Grund der Wassermenge und des Gefälles.

Abb. 1 für feine Geschiebe.

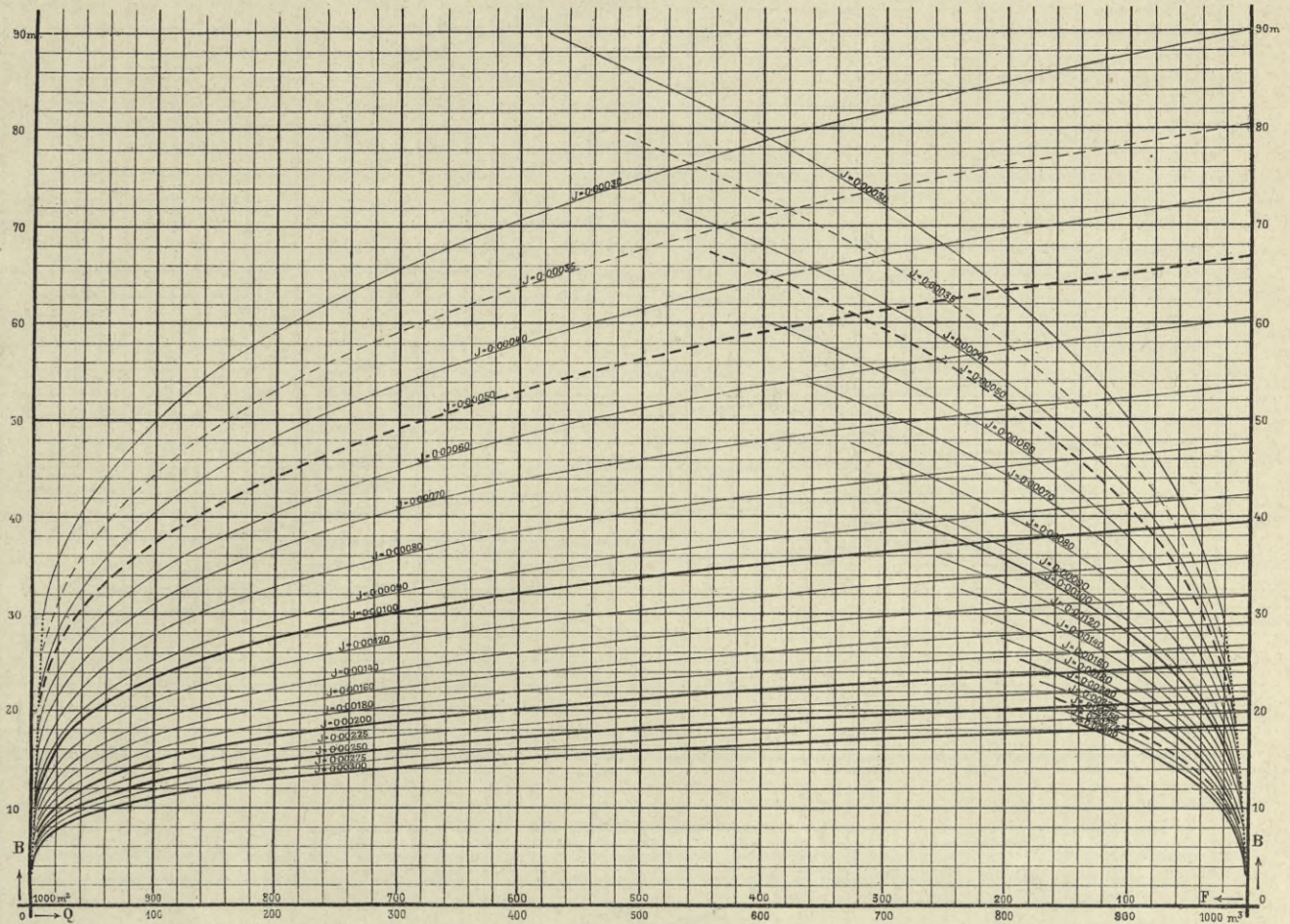
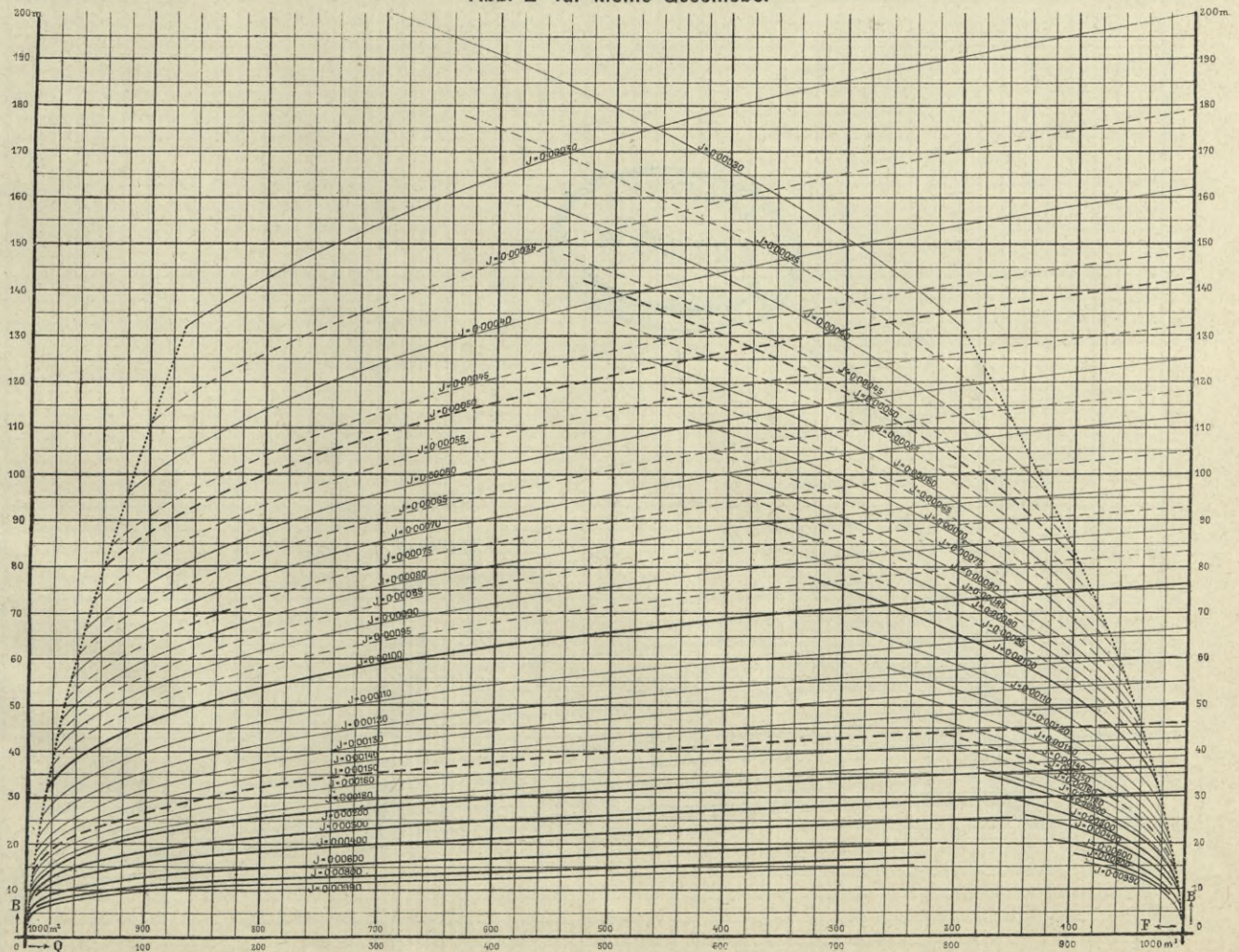


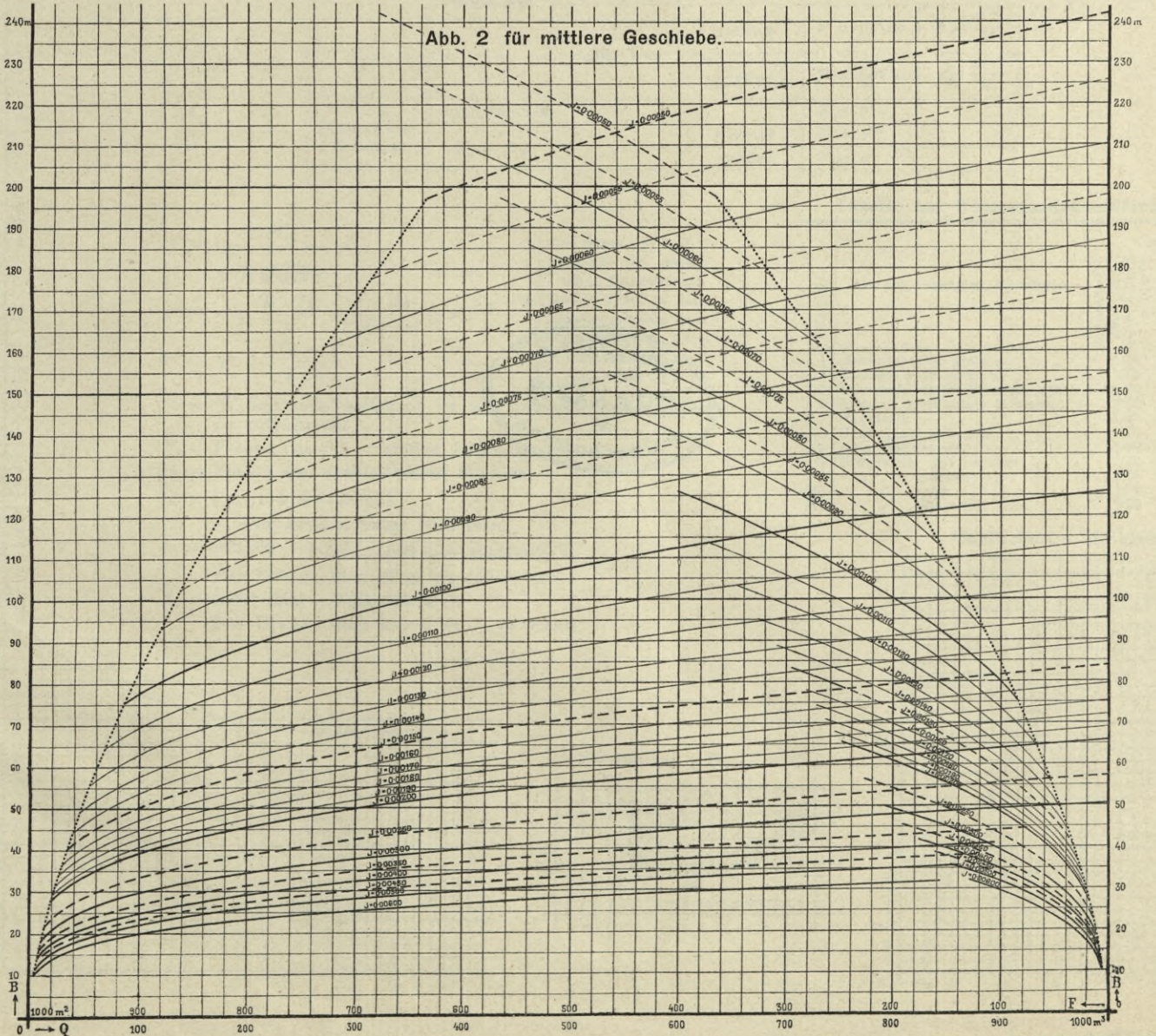
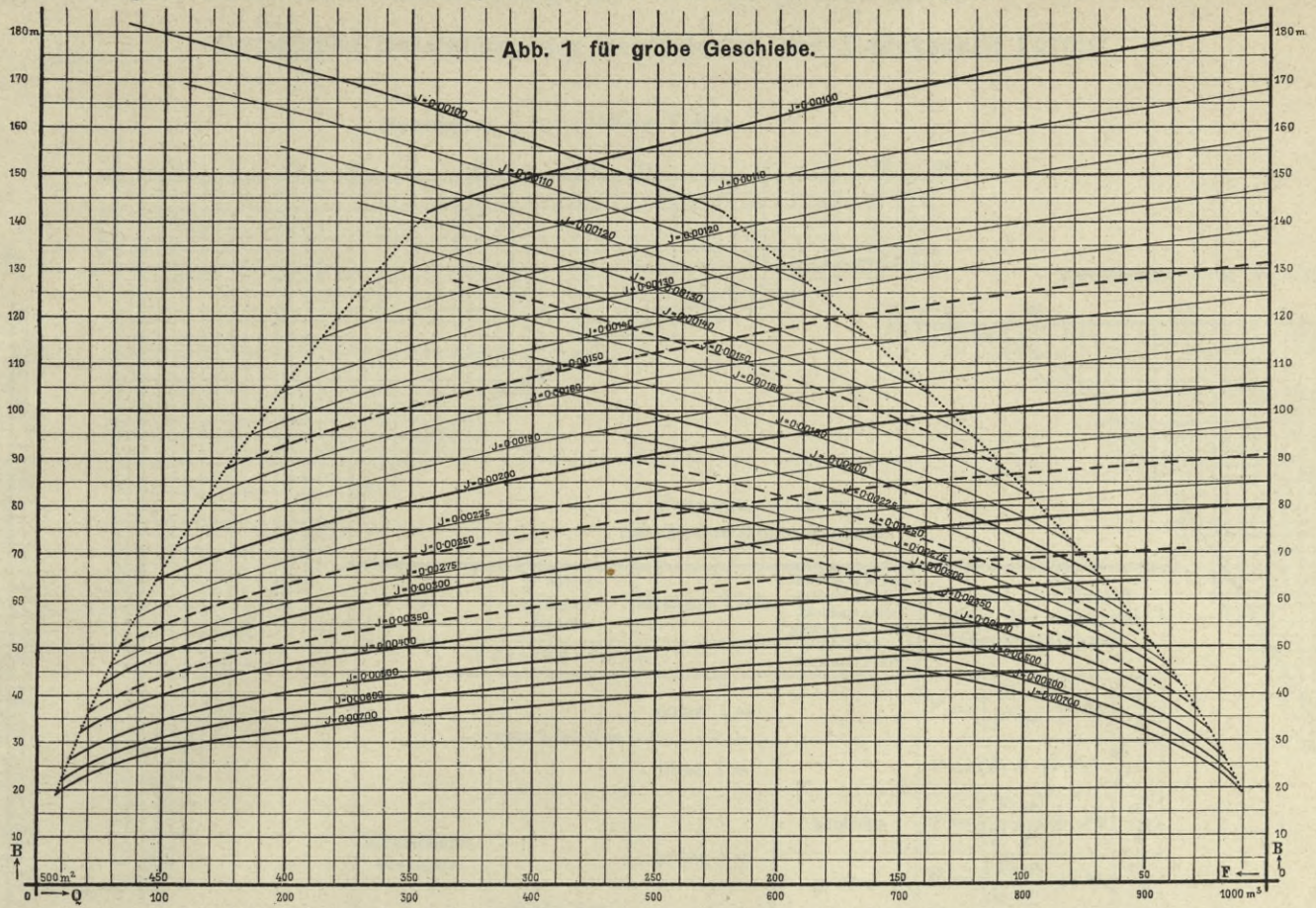
Abb. 2 für kleine Geschiebe.





SIEDEK: Studie über die Bestimmung der Normalprofile geschiebeführender Gewässer.

Diagramme zur Ermittlung der Wasserspiegelbreite und der Profilfläche der nach der Normalparabel vergrößerten idealen Normalprofile auf Grund der Wassermenge und des Gefälles.

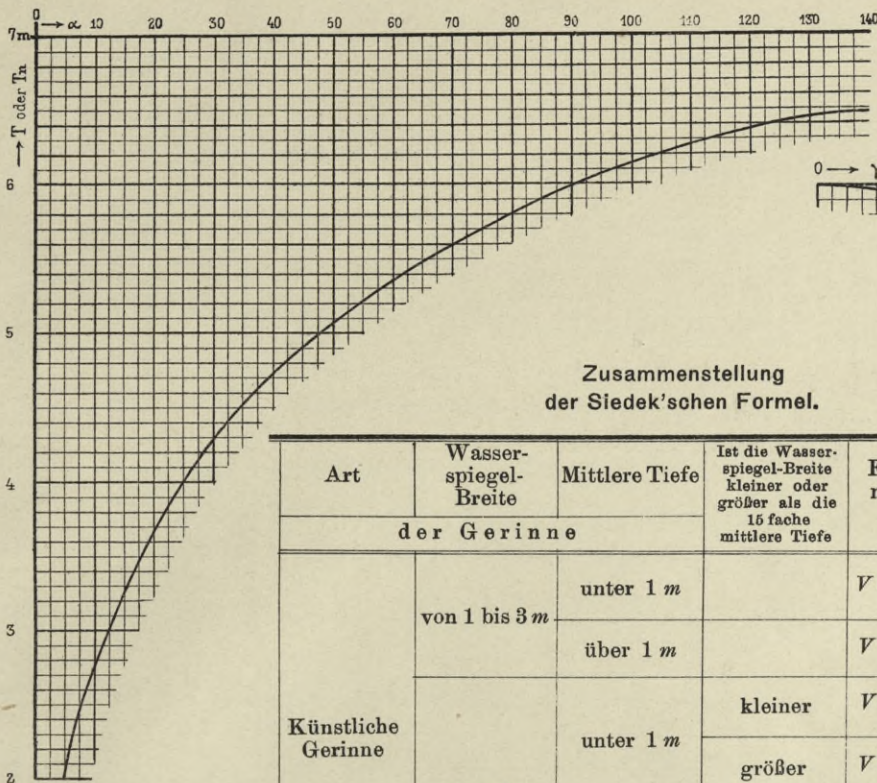




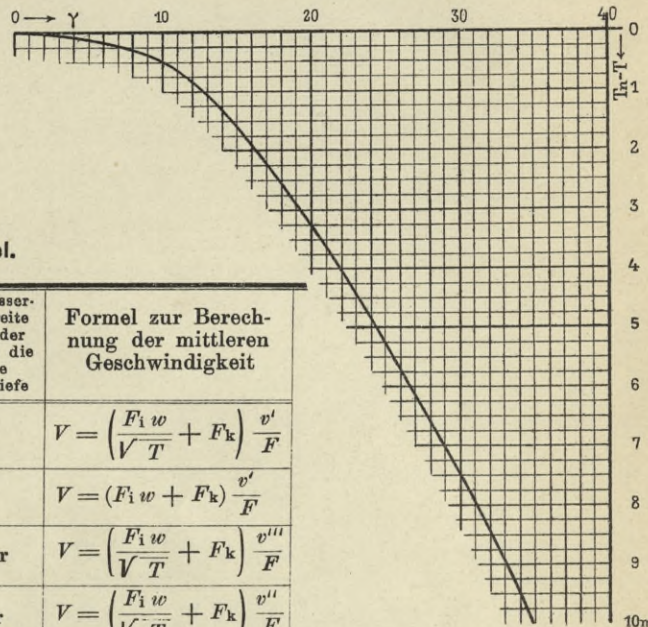
SIEDEK: Studie über die Bestimmung der Normalprofile geschiebeführender Gewässer.

Graphische Darstellung der Koeffizienten der Siedekschen Formel.

Koeffizient α für größere Tiefen.



Koeffizient γ für $T > T_n$.



Zusammenstellung der Siedek'schen Formel.

Art	Wasserspiegel-Breite	Mittlere Tiefe	Ist die Wasserspiegel-Breite kleiner oder größer als die 15 fache mittlere Tiefe	Formel zur Berechnung der mittleren Geschwindigkeit	
der Gerinne					
Künstliche Gerinne	von 1 bis 3 m	unter 1 m		$V = \left(\frac{F_i w}{\sqrt{T}} + F_k \right) \frac{v'}{F}$	
		über 1 m		$V = (F_i w + F_k) \frac{v'}{F}$	
	über 3 m	kleiner		$V = \left(\frac{F_i w}{\sqrt{T}} + F_k \right) \frac{v'''}{F}$	
		größer		$V = \left(\frac{F_i w}{\sqrt{T}} + F_k \right) \frac{v''}{F}$	
		über 1 m	kleiner		$V = (F_i w + F_k) \frac{v'''}{F}$
			größer		$V = (F_i w + F_k) \frac{v''}{F}$
Natürliche Gerinne	von 1 bis 3 m			$V = v'$	
	über 3 m			$V = v''$	

Tabelle des Widerstandskoeffizienten.

Post.-Nr.	Art des benetzten Umfanges	w	
		b. rechteckigen Querschnitt mit 1,6 m Breite	in allen übrigen Fällen
1	Quadern, sehr glatt	2.05	2.25
2	Zement, sehr glatt	2.05	2.25
3	Backstein, Sohle Zement, glatt.	2.00	2.20
4	Zement, gewöhnlich verputzt	1.80	2.00
5	Backstein	1.45	1.65
6	Holz, glatt gehobelt	1.70	1.90
7	Holz, ungehobelt	1.40	1.60
8	Bruchstein, gut behauen	1.20	1.40
9	" einfach "	1.15	1.25
10	" rau "	1.00	1.10
11	" Sohle mit Kies	1.00	1.10

$$v' = \frac{T \sqrt{J}}{20 \sqrt{B} \sqrt{0.001}}$$

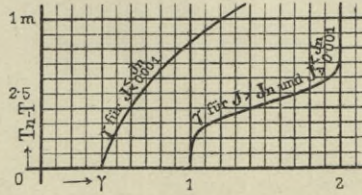
$$v'' = v' + \frac{T - T_n}{\alpha} + \frac{J - J_n}{\beta(J + J_n)} + v' \frac{T_n - T}{\gamma}$$

$$v''' = v'' + \frac{T_n - T}{\sqrt{B}}$$

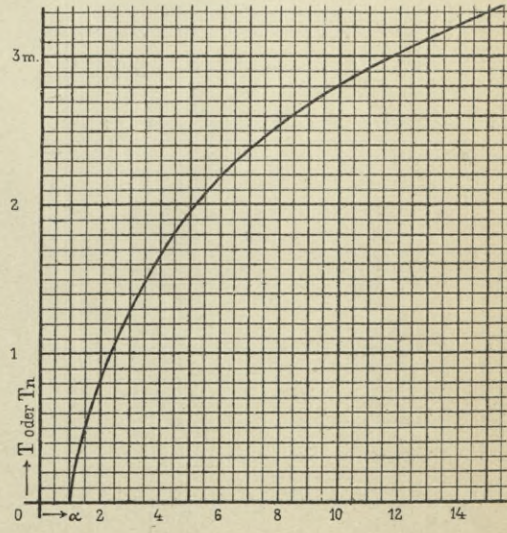
Die Werte von α, β, γ sind aus den graphischen Darstellungen dieser Tafel zu entnehmen, wobei α nach T zu nehmen ist, wenn $T > T_n$, hingegen nach T_n , wenn $T_n > T$.

w = Widerstandskoeffizient ist aus nebenstehender Tabelle zu entnehmen.
 F_i = Fläche des 0.5 m breiten Influenzstreifens.
 F_k = Fläche des verbleibenden Kernes.
 $T_n = \sqrt{0.0175 B - 0.0125}$.
 Für Breiten unter 10 m ist:
 $J_n = 0.01165 - \sqrt{0.000 0582 + 0.000 005 52 B}$.
 Für Breiten über 10 m bis 415 m ist:
 $J_n = 0.001 0222 - 0.000 002 22 B$.
 Für Breiten über 415 m ist $J_n = 0.0001$.

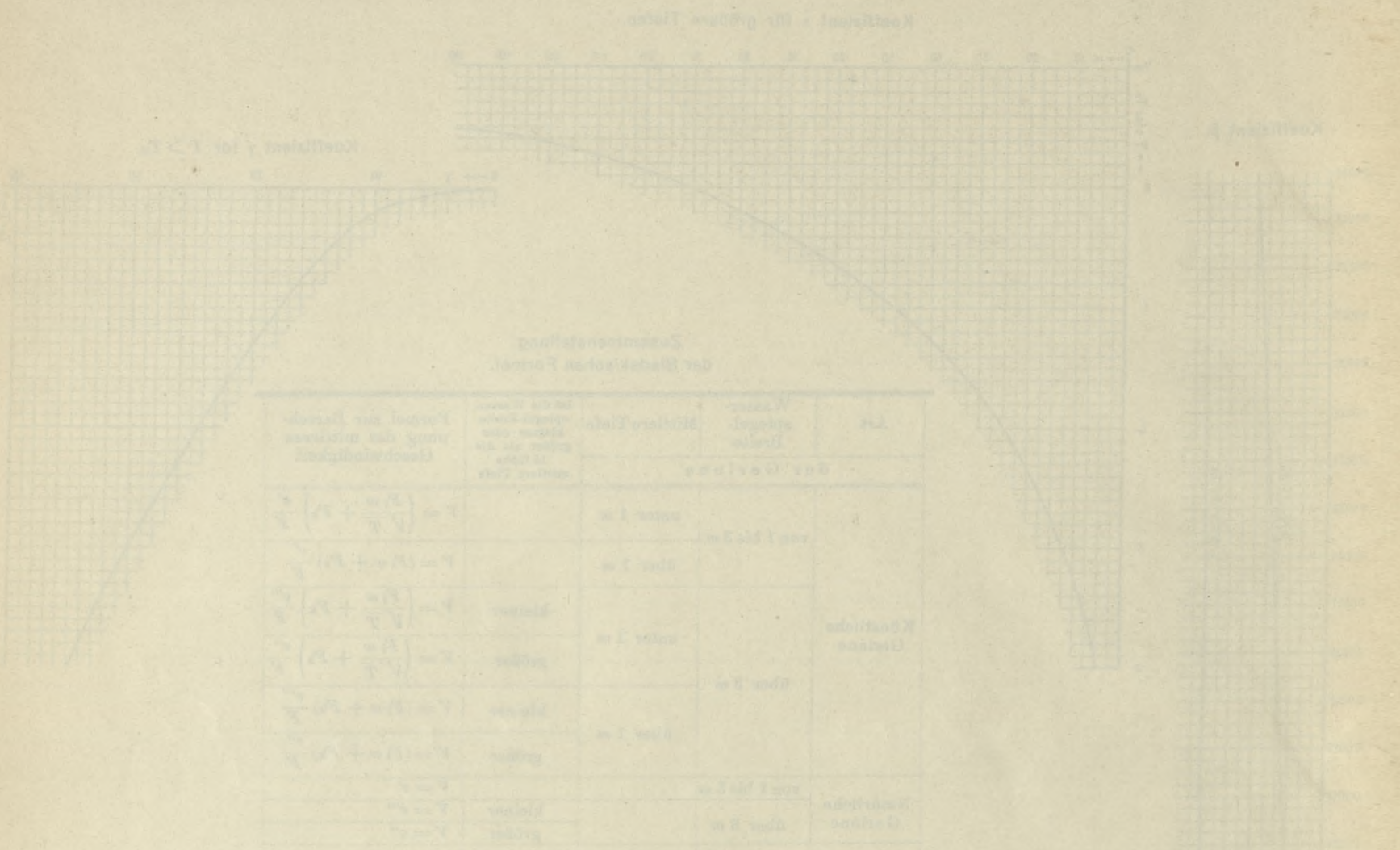
Koeffizient γ für $T < T_n$.



Koeffizient α für kleinere Tiefen.



Geometrische Darstellung der Koeffizienten der Stieltzsch'schen Formel



Zusammenhang der Stieltzsch'schen Formel

Formel für y	Formel für x	Formel für T	Formel für λ
$y = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} + \frac{1}{\sqrt{1-x'^2}} \right)$	$x = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-y^2}} - \frac{1}{\sqrt{1-y'^2}} \right)$	$T = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} - \frac{1}{\sqrt{1-x'^2}} \right)$	$\lambda = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} + \frac{1}{\sqrt{1-x'^2}} \right)$
$y = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} - \frac{1}{\sqrt{1-x'^2}} \right)$	$x = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-y^2}} + \frac{1}{\sqrt{1-y'^2}} \right)$	$T = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} + \frac{1}{\sqrt{1-x'^2}} \right)$	$\lambda = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} - \frac{1}{\sqrt{1-x'^2}} \right)$
$y = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} + \frac{1}{\sqrt{1-x'^2}} \right)$	$x = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-y^2}} - \frac{1}{\sqrt{1-y'^2}} \right)$	$T = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} - \frac{1}{\sqrt{1-x'^2}} \right)$	$\lambda = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} + \frac{1}{\sqrt{1-x'^2}} \right)$
$y = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} - \frac{1}{\sqrt{1-x'^2}} \right)$	$x = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-y^2}} + \frac{1}{\sqrt{1-y'^2}} \right)$	$T = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} + \frac{1}{\sqrt{1-x'^2}} \right)$	$\lambda = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} - \frac{1}{\sqrt{1-x'^2}} \right)$

Tabelle der Winkelschönberg'schen

Winkel α	Winkel β	Winkel γ	Winkel δ
0°	0°	0°	0°
10°	10°	10°	10°
20°	20°	20°	20°
30°	30°	30°	30°
40°	40°	40°	40°
50°	50°	50°	50°
60°	60°	60°	60°
70°	70°	70°	70°
80°	80°	80°	80°
90°	90°	90°	90°



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

III L. inw. 33615

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305822