

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300508

HYDROLOGISCHE

UNTERSUCHUNGEN

ÖFFENTLICHE

KÖNIGREICH DEUTSCHEN

J. S. 1883

111 C 4. 4
16 388

ERSTER THEIL

MIT EINER TAFEL VON 12 ABWISCHLUNGS-UND QUANTITÄTSTAFELN

VON

THEODOR KÖNIG

2.321

HYDROLOGISCHE
UNTERSUCHUNGEN

AN DEN

ÖFFENTLICHEN FLÜSSEN

IM

KÖNIGREICHE BAYERN

VON

J. SCHMID

K. OBERBAURATH BEI DER OBERSTEN BAUBEHÖRDE IM K. B. STAATSMINISTERIUM DES INNERN, RITTER I. CLASSE DES K. B. VERDIENSTORDENS
VOM HEILIGEN MICHAEL

VII C 4 b
16388

ERSTER THEIL

MIT EINEM TABELLENANHANGE UND ZWÖLF TAFELN



MÜNCHEN

THEODOR ACKERMANN

KÖNIGLICHER HOF-BUCHHÄNDLER

1884

~~Nachtrag~~

457 684

g 38
2321

HYDROLOGISCHE

UNTERSUCHUNGEN

1872

GEWISSENHAFEN



116771

A. SCHMIDT

1872

1872

ERSTER THEIL

M. SCHMIDT

Akc. Nr. 4352/50

Vorwort.

Seit dem Jahre 1877 werden von der bayr. Staatsbauverwaltung an den öffentlichen Flüssen in Bayern zu verschiedenen Zwecken Wassermessungen unter Anwendung verbesserter hydrometischer Flügel mit grösstmöglicher Sorgfalt und Genauigkeit ausgeführt und deren Ergebnisse nach einheitlichen Grundsätzen amtlich ausgearbeitet.

Das auf diese Weise sich ansammelnde, umfangreiche Material dürfte als Beitrag zu den Bewegungserscheinungen des Wassers in Gebirgsflüssen allgemeines Interesse verdienen, wesshalb ich den Entschluss gefasst habe, diese Arbeiten mit Zustimmung Sr. Excellenz des Herrn Staatsministers des Innern, Freiherrn von Feilitzsch, je nach ihrer Vollendung zu veröffentlichen.

Ich übergebe hiemit in der vorliegenden Abhandlung den bis jetzt ausgearbeiteten Theil jener Messungen, welchem in ungezwungener Weise weitere Fortsetzungen im Laufe der nächsten Jahre nachfolgen werden.

Ungeachtet des verursachten etwas grösseren Umfanges der Publikation sind hiebei mit Absicht alle Einzelheiten in der Beobachtung und Aufnahme, in den Messungsvorrichtungen und im eigentlichen Messungsverfahren, sowie die gesammten direkten Messungsergebnisse eingehend vorgeführt worden, da nur auf diese Weise durch geeignete, etwaige anderweitige Verwendung des Materiales ein allmäliger, aber sicherer Fortschritt auf dem theils noch sehr verschleierten Gebiete der Hydrologie erreicht werden kann. — In Verfolgung dieses Zweckes war es anfänglich beabsichtigt, die Ergebnisse aller behandelten Messungen in Plan zu legen und hier beizufügen. Allein die Rücksicht auf eine nicht allzugrosse Vermehrung der Kosten dieser Publikation liessen davon Abstand nehmen, wesshalb nur die graphischen Darstellungen der drei Messungen am Inn hier aufgenommen, die übrigen jedoch ausgeschlossen wurden. Diese Beschränkung des Umfanges dürfte ohne Beeinträchtigung des Zweckes der vorliegenden Arbeit umso mehr erlaubt sein, als die gesammten direkten Ergebnisse aller Messungen ohnedies in tabellarischer Form zur erschöpfenden Veranschaulichung gelangten.

Von den Herrn, die mich bei der Ausführung der vorliegenden Arbeit wesentlich unterstützt haben, erwähne ich in dankenswerther Weise den k. Bauamtsassessor bei der Obersten Baubehörde Ferdinand Beutel und den daselbst in Verwendung stehenden Staatsbaupraktikanten Otto Hartmann.

München im August 1883.

J. Schmid.

Zeichenerklärungen.

Bei der in vorliegender Abhandlung allgemein durchgeführten einheitlichen Bezeichnungweise der mathematischen Grössen bedeutet:

Q die Wassermenge pro Sekunde,

F den Flächeninhalt des Querprofiles,

W die Wasserspiegelbreite,

p den benetzten Umfang,

J das dem Messungsprofile zugehörige mittlere relative Flussgefälle,

P den Pegelstand für ein Flussprofil; ausserdem J. P.; Dw. P.; N. P.; Ingolstädter =; Donauwörther =; Neuburger Pegel etc.

t die mittlere Flusstiefe; $t = \frac{F}{W}$;

R den Profilradius; $R = \frac{F}{p}$

R_1 den mittleren Hauptradius; $R_1 = \frac{F}{p + W}$;

D die Wassertiefe in einer Profilvertikalen,

k den Coefficienten in der allgemeinen Geschwindigkeitsformel $v = k \sqrt{RJ}$;

N. — N. — Normal—Null, d. i. Nullpunkt des Amsterdamer Pegels,

v die mittlere Geschwindigkeit im ganzen Profile,

V_0 die Oberflächengeschwindigkeit in einer Vertikalen,

V_{d_1} die grösste Geschwindigkeit „ „ „

V_D die Sohlengeschwindigkeit „ „ „

V_m die mittlere Geschwindigkeit „ „ „

d_m ihre Tiefe unter dem Wasserspiegel,

d_1 die Tiefe von V_{d_1} unter dem Wasserspiegel,

V_{Dm} die mittlere Sohlengeschwindigkeit im ganzen Profile,

V_{om} die mittlere Oberflächengeschwindigkeit im ganzen Profile,

C „ grösste „ „ „

V_{max} die absolut grösste Geschwindigkeit „ „ „

Inhalt.

Einleitung.

	Seite
§ 1. Allgemeines. Notizen über die hydrographischen Verhältnisse der Flussgebiete	1
§ 2. Zweck der Messungen	1
§ 3. Die Messungsinstrumente	2
a) Beschreibung der verwendeten hydrometrischen Flügel.	
b) Prüfung der hydrometrischen Flügel.	
1) Aeltere Prüfung im Kelheimer Kanalhafen.	
2) Neuere Prüfungs-Station zu Freising.	
I. Einrichtung der Prüfungsstation.	
A. Die Station selbst.	
B. Die selbstwirkenden Vorrichtungen.	
1) Die selbstwirkende Ein- und Ausrückung des Zählwerkes für die neueren Konstruktionen.	
2) Die selbstwirkende Ein- und Ausrückung des Zählwerkes für die Flügel älterer Konstruktion ohne Zahnrädchen.	
3) Bestimmung der Fahrzeiten auf elektrischem Wege.	
II. Ergebnisse der Prüfungen zu Freising.	

Erster Abschnitt.

Die Wassermessungen im Allgemeinen.

§ 1. Messungsvorrichtungen	8
Seilfähre, Messungsfahrzeug.	
§ 2. Der eigentliche Messungsvorgang	8
a) Profilaufnahme.	
b) Geschwindigkeitsmessung mit dem Flügel.	
§ 3. Die Gefällsermittlung des Wasserspiegels	9
§ 4. Wasserstandsbeobachtungen während der Messung	9
§ 5. Schwimmermessungen	9

Zweiter Abschnitt.

Die Messungsstellen.

§ 1. Beschreibung derselben	9
§ 2. Zahl, Datum und Pegelstände der Messungen	10
(Tabelle I. Verhalten der Pegelstände während der Messungszeiten, Tabelle II. Mittlere Pegelstände, Zeitdauer, Witterungsverhältnisse während der Messung).	

Dritter Abschnitt.

Die Messungsergebnisse.

§ 1. Direkte Erhebungen der einzelnen Messungen	11
a) Querprofile.	
b) Geschwindigkeitsmessungen in den einzelnen Profilvertikalen.	
(Tabelle III. Die direkten Erhebungen der einzelnen Messungen. Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen in den einzelnen Profilvertikalen).	
c) Schwimmermessungen	
(Tabelle IV. Die Ergebnisse der Schwimmermessungen).	

	Seite
§. 2. Ausarbeitung der Messungen am Inn	11
a) Querprofil.	
b) Vertikalgeschwindigkeits-Curven.	
c) Das Nivellement des Wasserspiegels.	
d) Ermittlung der Wassermenge pro Sekunde u. der mittleren Geschwindigkeit im ganzen Profile.	
e) Darstellung der übrigen, wichtigeren Geschwindigkeiten und Ermittlung der mittleren Oberflächen- und Sohlengeschwindigkeit. (Tabelle V. Zusammenstellung der Messungsergebnisse).	
§ 3. Ermittlung der Consumption des Inn	12
a) Die hiezu nöthigen Erhebungen.	
b) Die Beziehungen ihrer Ergebnisse.	
c) Die Consumption selbst.	

Vierter Abschnitt.

Vergleich der Ergebnisse der Messungen mit denen der Formeln.

§ 1. Die zur Berechnung angewendeten Geschwindigkeitsformeln und ihre Ergebnisse	14
(Tabelle VI. Vergleichungstabelle der nach den verschiedenen Formeln berechneten mittleren Geschwindigkeiten mit den Messungsergebnissen. (Tabelle VIII. Vergleichung der nach der Lavale'schen Formel berechneten mittleren Geschwindigkeiten mit den Ergebnissen der Messungen an 9 verschiedenen Flüssen).	
§ 2. Kurzer Ueberblick über die erhaltenen Rechnungsergebnisse	17
(Tabelle VII. Zusammenstellung der Abweichungen der Formeln).	

Fünfter Abschnitt.

Schlussbetrachtungen.

§ 1. Geschiebebewegung und Sohlengeschwindigkeiten	18
§ 2. Beziehungen der an den verschiedenen Profilpunkten auftretenden Schwierigkeiten zu einander (Tabelle IX. Die Verhältnisse der mittleren Geschwindigkeit zur Oberflächengeschwindigkeit in den einzelnen Profilvertikalen. Tabelle X. Die Verhältnisse der Tiefe der mittleren Geschwindigkeit zur ganzen Tiefe in den einzelnen Profilvertikalen. Tabelle XI. Die Verhältnisse der verschiedenen Geschwindigkeiten zu einander mit Rücksicht auf das ganze Profil. Tabelle XII. Die Wagner'sche Geschwindigkeitsformel, geprüft an 30 Messungen).	19
§ 3. Werth der Schwimmermessungen	19

Einleitung.

§ 1. Allgemeines.

Die in vorliegender Abhandlung beschriebenen Wassermessungen wurden ausschliesslich im Stromgebiete der Donau vorgenommen. Dieselbe umfasst in Bayern eine Länge von 386 km mit einem Flächengebiet von 76904,7 qkm und nimmt auf ihrer rechten Seite, von Süden der nördlichen Alpenöffnung her, vier bedeutendere Zuflüsse auf, nämlich die Iller, den Lech mit der Wertach, die Isar und den Inn mit der Salzach.

Diese Affluente tragen sämtlich den ausgesprochenen Charakter von Gebirgsflüssen an sich, da sie mit starkem Gefälle und bedeutender Geschiebeführung die Eigenschaft einer sehr veränderlichen Wasserabfuhr verbinden und in Folge dessen, zumal bei höheren Wasserständen einen heftigen Angriff auf ihr Flussbett ausüben. Sie zeigen als solche in ihrem Verhalten und Regime geringe Verschiedenheit und unterscheiden sich nur nach Maassgabe der Grösse ihrer Flussgebiete und der Länge ihrer Flussläufe.

Das Flussgebiet umfasst:

bei der Iller	= 2 227,7 qkm
beim Lech mit der Wertach =	4 328,3 „
bei der Isar	= 9 039,3 „
beim Inn mit der Salzach =	26 045,2 „
bei der Wertach	= 1 289,8 „
und bei der Salzach	= 6 857,1 „

Das mittlere Thalgefälle auf der Hochebene vom Austritt aus dem Gebirge an beträgt:

für die Iller	= 1,86‰
„ „ Wertach =	3,14 „
„ den Lech	= 2,25 „
„ die Isar	= 1,53 „
„ den Inn	= 0,797 „
und „ die Salzach	= 1,10 „

während die Donau auf ihrem Laufe von Donaueschingen bis zur Landesgrenze zwischen Bayern und Oesterreich ein Gefälle besitzt von 0,647‰.

Im Gebiete ihres oberen Laufes überschreiten die genannten Zuflüsse die angeführten mittleren Gefälle oft

um Bedeutendes und führen daselbst Geschiebe von 0,15 bis 0,30 m Durchmesser, die auf ihrem Wege nach abwärts sich allmähig bis auf eine Dicke von 0,04 bis 0,07 m abschleifen.

Entsprechend ihrem Ursprunge aus den verschiedenen Erosionsgebieten bestehen diese Geschiebe aus den geognostischen Gebilden der Alpen und ihrer Vorberge. Weitaus vorherrschend ist der Dilluvialschotter der Quartärgebilde der oberbayerischen Hochebene, welche die grösste Ausdehnung jener Flussläufe einnimmt. Also Kalk und Dolomit im überwiegenden Theile und nur in untergeordneter Menge die Urgebirgsgesteine bilden die Bestandtheile der Geschiebe.

Die Grösse der Donaueschiebe ist sehr verschieden und wechselt vom feinsten Gries bis zu Steinen von 0,08 m Durchmesser. An den Einmündungen der südlichen Affluente erreichen sie ihre grössten Dimensionen und schleifen sich dann nach abwärts zu nach Maass der Länge ihres Weges entsprechend ab. Bei Ingolstadt erreichen sie noch Grössen von 0,06 m Durchmesser.

Die grösseren nördlichen Zuflüsse der Donau in Bayern: die Wörnitz, die Altmühl, die Naab und der Regen zeigen den Charakter der Hügellandsflüsse und üben hydrologisch keinen wesentlichen Einfluss auf den Hauptstrom aus, welcher daher lediglich unter den Einwirkungen seiner südlichen Affluente gebildet und regiert wird.

§ 2. Zweck der Messungen.

Die an den bayerischen Flüssen ausgeführten Wassermessungen haben dem Zwecke zu dienen:

1) die Wassermenge zu ermitteln, welche ein Fluss in der Zeiteinheit während der erstmaligen und später bei demselben Pegelstande alljährlich zu wiederholenden Fixirungen des Wasserspiegels abführt. Eine Vergleichung dieser periodischen Messungen im Zusammenhange mit den Veränderungen des Flussniveaus gibt darüber Aufschluss, ob je nach der Ab- oder Zunahme der ablaufenden Wassermenge der Fluss seine Sohle erhöht oder vertieft hat.

- 2) Die einer Fluss-Korrektion zu gebende Normalbreite für Mittelwasser und für Hochwasser zu bestimmen und
 3) Die gesammte Wasserabfuhr eines Flusses innerhalb einer längeren Zeitperiode kennen zu lernen und die Ergebnisse für wissenschaftliche und die Landeskultur berührende Fragen verwerthen zu können.

§ 3. Die Messungsinstrumente.

a) Beschreibung der verwendeten Flügel. Zu den Geschwindigkeitsmessungen wurden hydrometrische Flügel nach dem verbesserten Woltmann'schen Systeme von Harlacher und von Amsler-Laffon angewendet.

1) Flügel von Harlacher. Der in dem mathematisch-mechanischen Institute von Ott und Koradi in Kempten nach der Angabe von Harlacher angefertigte Flügel ist dem in dessen Publikation: „Beiträge zur Hydro-

graphie des Königreichs Böhmen“ beschriebenen Instrumente nahezu gleich; ein Unterschied besteht nur darin, dass nicht wie dort bei dem jedesmaligen Ablesen der Umdrehungszahlen der Flügel sammt der Stange aus dem Wasser gehoben werden muss, sondern die eiserne in den Boden festgestossene Stange A (Siehe Textfigur 1) während der Dauer der Messung in einer Profilvertikalen stehen bleibt und dem sich auf- und abbewegenden Flügel als Führung dient. Diese Bewegung wird durch ein an den Flügel angeschraubtes, metrisch getheiltes eisernes Gasrohr B bewerkstelligt, in welchem zugleich die zum Ein- und Ausrücken des Zählwerkes dienende Schnur C läuft.

Bei dieser Einrichtung kann dem Flügel leicht jede wünschenswerthe Stellung unter Wasser gegeben werden, wenn man ihn mit Hilfe der Stange B solange abwärts bewegt, bis die bestimmte Ziffer der Eintheilung den Wasserspiegel erreicht hat, worauf die Klemmschraube D der Führungshülse zur Arretirung der Stange B angezogen wird.

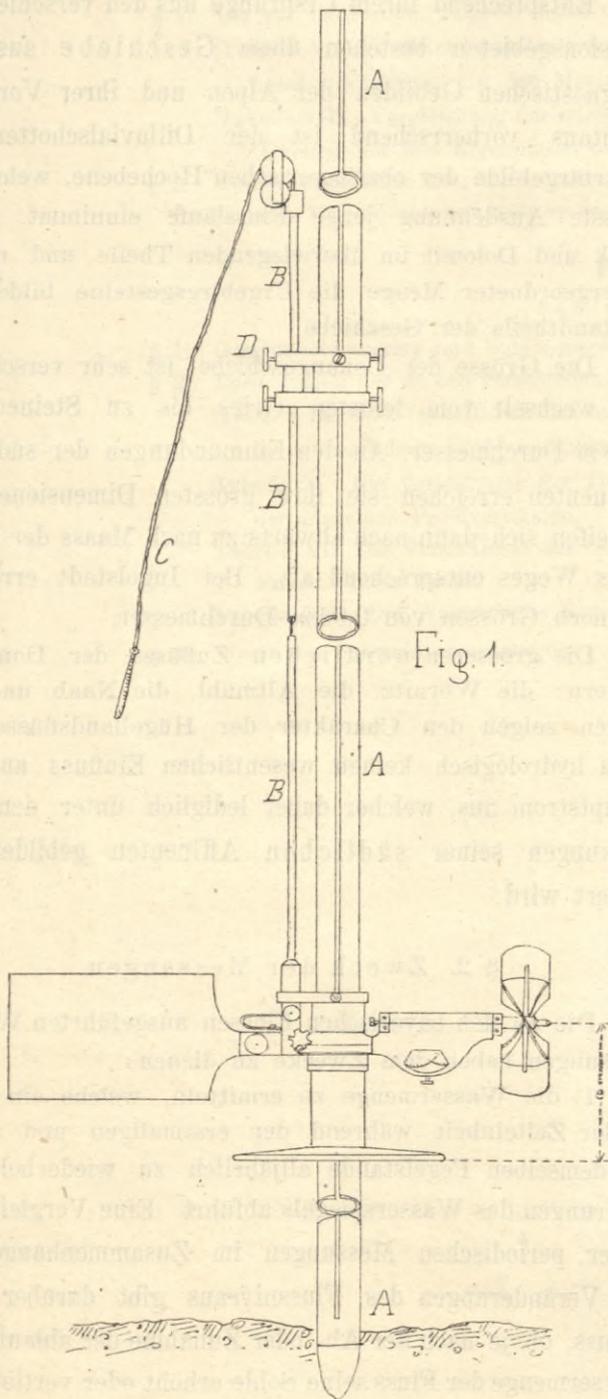
Für Messungen bei niederen Wasserständen, oder an Flüssen, welche nicht über 2 m Geschwindigkeit und keine zu grossen Tiefen besitzen, daher ein sehr ruhiges Festhalten der Operationsschiffe an der Messungsstelle gestatten, lässt diese Konstruktion sehr praktische und bequeme Verwendung zu.

2) Flügel von Amsler-Laffon. Unter Bezugnahme auf die vom Erfinder über diesen hydrometrischen Flügel mit Zählwerk und elektrischer Zeichengebung verfasste Broschüre*) sei hier kurz dessen Gebrauch, Verwendbarkeit und Zweckmässigkeit erörtert.

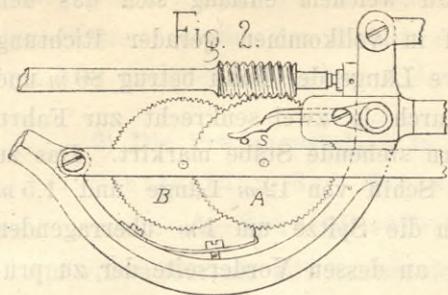
Der Flügel lässt sich in dreierlei verschiedener Form zur Anwendung bringen.

Die erste Form ist die gleiche wie bei dem vorhergehend erwähnten Instrumente, jedoch mit Anwendung von nur einer Stange und zwar am zweckdienlichsten eines Gasrohres ($\frac{3}{4}$ Zoll engl. Kaliber), in welchem zum Schutze gegen äussere Störungen gleichzeitig die Schnur zur Ausrückung des Zählwerkes angebracht wird. Die richtige Stellung der Flügelaxe in einer zum Messungsprofile senkrechten Richtung lässt sich hiebei durch ein an der Stange angebrachtes Visir genügend controliren. Bei jeder Ablesung des Zählwerkes ist Stange sammt Flügel aus dem Wasser zu heben.

In seiner zweiten Einrichtung ist der gleichfalls an der Stange befestigte Flügel mit einem elektrischen Signalapparate in Verbindung gesetzt. Das Zählwerk bleibt hier stets eingerückt, und es entsteht nach je 100 Umdrehungen des Flügels, bzw. nach einer Tour des in



*) Der hydrometrische Flügel mit Zählwerk und elektrischer Zeichengebung von J. Amsler-Laffon in Schaffhausen. — Schaffhausen, Brodtmann'sche Buchdruckerei 1877.



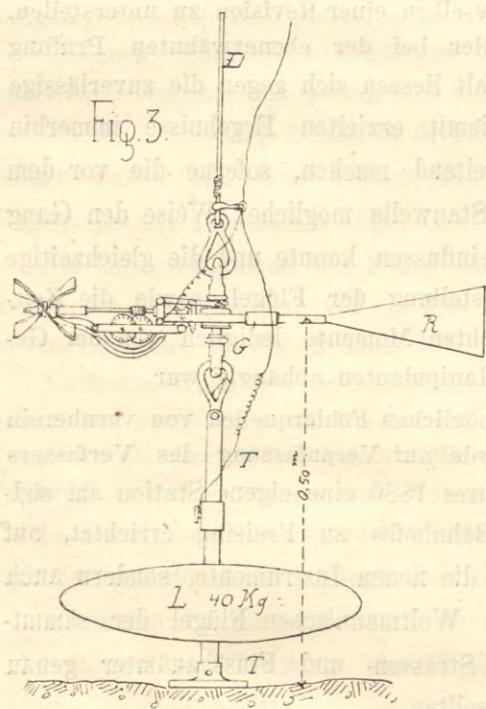
seine Axe eingreifenden Zählrades A (Textfigur 2) ein elektrischer Contact mit dem Stifte S und hiedurch ein je nach der Geschwindigkeit der

Bewegung kürzer oder länger andauerndes Glockensignal. Während der Messung bleibt der Flügel fortwährend unter Wasser und wird zu seiner genauen Einstellung um das entsprechende Maass gehoben oder gesenkt. Der Beobachter hat nur auf dem Chronometer den Moment zu markiren, in welchem das Glockensignal aufhört, was sehr leicht und sicher auszuführen ist, da der Beginn des Signales auf jenen Moment vorbereitet.

Die Zeit t zwischen zwei aufeinander folgenden Beobachtungsmomenten entspricht 100 Umdrehungen des Flügels; sonach ist $\frac{100}{t}$ die Anzahl der Umdrehungen pro Sekunde. Für eine möglichst genaue Zeitbestimmung empfiehlt es sich, die Zeitbeobachtung auf ein Mehrfaches (5fach) von 100 Umdrehungen auszudehnen und zu diesem Zwecke die Beobachtungsmomente an dem fortgehenden Chronometer abzulesen.

In dieser Form hat der Flügel sich vortrefflich bewährt, solange nicht die Geschwindigkeit und die Wassertiefe ein gewisses Maass überschritten, da sonst die von der Stange ausgeführten schädlichen Schwingungen störend auf die Ergebnisse der Beobachtungen einwirken.

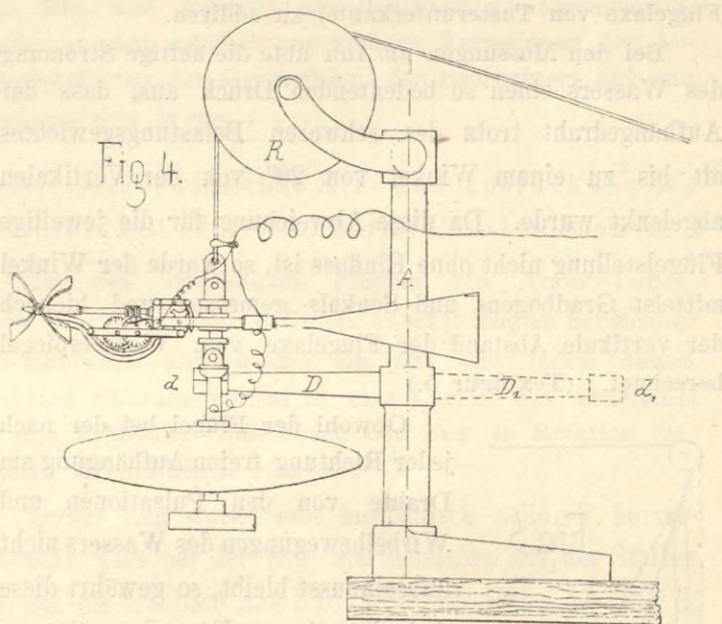
Bei der dritten Art seiner Montirung (Textfigur 3 und Tafel 3) ist der Flügel gleichfalls mit der Batterie und dem Signalapparate verbunden, jedoch an einem starken Stahldrahte cardanisch aufgehängt, wodurch er sich nach allen Seiten frei bewegen kann. Vermittelt eines auf dem Messfahrzeuge befestigten Haspels wird der über eine am Schiffsvordertheile angeschraubte Rolle



laufende Draht auf- und abgewickelt und dadurch der Flügel gehoben und gesenkt.

Zur möglichsten Vertikalstellung des Aufhängedrahtes ist unter dem Flügel eine eiserne Linse L im Gewichte von 40 kg angebracht; die horizontale Lage und die Einstellung des Flügels parallel zur Richtung der Wasserfäden wird durch das Gelenkstück G und das conische Ruder R bewirkt.

Neuerdings ist der praktische Gebrauch dieses Apparates von Amsler dadurch ausserordentlich erleichtert worden, dass die Rolle am Schiffsvordertheile auf einem Krahn mit drehbarem Arme befestigt wird. (Textfigur 4). —

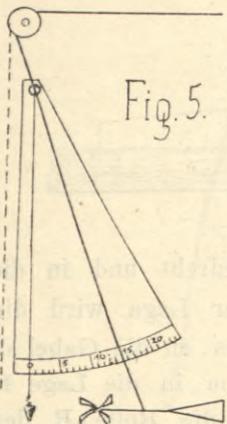


Der Arm D kann um die Säule A gedreht und in die Lage D₁ gebracht werden. In dieser Lage wird die Belastungslinse vermittelst ihres Stieles an die Gabel d₁ angehängt; hierauf dreht man den Arm in die Lage D zurück, legt den Aufhängedraht über die Rolle R des Krahns, befestigt den Flügel daran und verbindet den letzteren gleichzeitig mit dem Stiele der Linse. Durch Umdrehen der Kurbel des Haspels hebt man die Belastungslinse sammt Flügel so weit, dass der Arm D frei wird und in seine frühere Lage D₁ zurückgelegt werden kann. Alsdann können die Beobachtungen beginnen.

Zu diesem Zwecke lässt man den Flügel so weit hinab, dass seine Axe, oder besser die Unterkante des unten erwähnten Grundtasters gerade in den Wasserspiegel zu liegen kommt, worauf man den mit Friktion zu stellenden Zeiger des Zifferblattes am Haspel auf Null rückt. Wird nun durch Drehen der Kurbel der Flügel gesenkt, so kann seine jeweilige Stellung nach Meter und Centimeter abgelesen werden. Einer Kurbelumdrehung entspricht hiebei eine Senkung des Flügels von 0,20 m, wobei der Zeiger um einen Theilstrich vorrückt.

Durch die weitere sinnreiche Vorrichtung des Grundtasters T (Textfigur 3) kann die Gesamtwassertiefe erhoben werden. Wenn nämlich der Taster auf der Flusssohle aufsitzt, entsteht ein elektrischer Kontakt und somit ein Glockensignal, das solange andauert, als der Flügel nicht gehoben wird und sich von den kürzeren Signalen der Kontaktschlüsse nach je 100 Flügeltouren leicht unterscheiden lässt. Die Ablesung am Zifferblatte ist nun gleich der Gesamtwassertiefe, wenn anfänglich die Tasterunterkante auf dem Wasserspiegel und gleichzeitig der Zeiger auf Null gestellt war; kam jedoch anfangs die Flügelaxe gerade in den Wasserspiegel zu liegen, so ist zur Ablesung noch $0,50\text{ m}$ (Abstand der Flügelaxe von Tasterunterkante) zu addiren.

Bei den Messungen am Inn übte die heftige Strömung des Wassers einen so bedeutenden Druck aus, dass der Aufhängedraht trotz des schweren Belastungsgewichtes oft bis zu einem Winkel von 20° von der Vertikalen abgelenkt wurde. Da diese Abweichung für die jeweilige Flügelstellung nicht ohne Einfluss ist, so wurde der Winkel mittelst Gradbogens und Senkels gemessen und hienach der vertikale Abstand der Flügelaxe vom Wasserspiegel berechnet. (Textfigur 5.)



Obwohl der Flügel bei der nach jeder Richtung freien Aufhängung am Drahte von den Pulsationen und Wirbelbewegungen des Wassers nicht unbeeinflusst bleibt, so gewährt diese Art der Anwendung den überaus schätzenswerthen Vortheil, dass selbst bei hohen Wasserständen noch Messungen mit sehr befriedigendem Erfolge durchgeführt werden können, wo sonst die Verwendung der bisher gebräuchlichen Instrumente und ihrer

Montirungsart in Rücksicht auf die ausserordentliche Gewalt der Strömung nicht mehr ausführbar war.

b) Prüfung der hydrometrischen Flügel (Hiezu Tafel 1 und 2.)

1) Aeltere Prüfung im Kelheimer Kanalhafen.

Nachdem die zu den Messungen verwendeten hydrometrischen Flügel neu angeschafft worden waren, war Veranlassung gegeben, diese Instrumente behufs Ermittlung ihrer Geschwindigkeits-Coeffizienten einer genauen Prüfung zu unterstellen.

Die dessfallsigen Versuche wurden im Canalhafen zu Kelheim in der seither üblichen Weise auf einem mit verschiedener Geschwindigkeit gezogenen Kahne ausgeführt. Ueber den 120 m langen Canalhafen wurde ein

Drahtseil gespannt, an welchem entlang sich das den Flügel tragende Schiff in vollkommen gerader Richtung bewegte. Die nutzbare Länge der Bahn betrug 80 m und waren deren Enden durch je zwei senkrecht zur Fahrtrichtung auf den Ufern stehende Stäbe markirt. Das zu den Fahrten benützte Schiff von 12 m Länge und $1,5\text{ m}$ Breite war mit einem die Spitze um 1 m überragenden Podium versehen und an dessen Vorderseite der zu prüfende Flügel in einem Abstände von ca. 2 m von der Berührungslinie des Schiffsbodens mit dem Wasser befestigt.

Da anfängliche Versuchsfahrten, bei welchen das Schiff durch Menschenkraft gezogen wurde, zu der Ueberzeugung geführt hatten, dass grössere Geschwindigkeiten als $2,1\text{ m}$ pro Sekunde sich auf diesem Wege überhaupt nicht erzielen lassen, während mit Rücksicht auf die Verwendbarkeit der Instrumente an den rasch fliessenden bayerischen Gebirgsströmen die Geschwindigkeit bis zu mindestens 4 m pro Sekunde sich erstrecken musste, so wurde die Bewegung des Schiffes durch eine siebenpferdige Locomobile hewerkstelligt.

Die verschiedenen Geschwindigkeiten konnten durch ein eingeschaltetes Vorgelege mit Stufenrollen von verschiedenem Durchmesser erreicht werden, über welche sich das Zugseil aufwickelte. Die Ingangsetzung, sowie das Abstellen der Flügel bei dem Eintreten und Verlassen der Beobachtungsstrecke, sowie die Zeitbestimmung erfolgte damals unter Anwendung eines arretirbaren Chromoskopes durch den auf dem Schiffe befindlichen Beobachter.

Nachdem nun mit den auf diese Weise geprüften Instrumenten vorliegende Wassermessungen ausgeführt worden waren, gab die Vermuthung, dass die ursprünglich festgestellten Coeffizienten im Laufe des fortgesetzten Gebrauches der Flügel eine Aenderung erfahren haben möchten, Anlass, dieselben einer Revision zu unterstellen.

Ohngeachtet aller bei der ebenerwähnten Prüfung angewendeten Sorgfalt liessen sich gegen die zuverlässige Genauigkeit der hiemit erzielten Ergebnisse immerhin einige Bedenken geltend machen, soferne die vor dem Kahne auftretende Stauwelle möglicher Weise den Gang der Instrumente beeinflussen konnte und die gleichzeitige Einrückung und Abstellung der Flügel, sowie die Zeitbestimmung im rechten Momente lediglich von der Geschicklichkeit des Manipulanten abhängig war.

Um nun alle möglichen Fehlerquellen von vornherein auszuschliessen, wurde auf Veranlassung des Verfassers im Sommer des Jahres 1880 eine eigene Station am südlichen Ende des Bahnhofes zu Freising errichtet, auf welcher nicht bloss die neuen Instrumente, sondern auch alle übrigen älteren Woltmann'schen Flügel der sämtlichen kgl. bayer. Strassen- und Flussbauämter genau untersucht werden sollten.

Die Beschreibung der Anlage und des Betriebes dieser Station, sowie der hiemit erzielten Ergebnisse mögen hier geeignete Aufnahme finden.

2) Die Prüfungsstation in Freising.

I. Einrichtung der Prüfungsstation.

A. Station selbst.

Auf einem Terrain mit hohem, der Oberfläche nahezu gleichkommenden Grundwasserstand wurde ein 110 m langer Graben von 0,80 m Breite und Tiefe (Tafel 1) ausgehoben und über demselben ein Schienengleis hergestellt, auf welchem ein das zu prüfende Instrument tragender Wagen mittelst einer stationären Dampfmaschine mit verschiedenen Geschwindigkeiten fortbewegt werden konnte.

Die nutzbare Länge der Bahn betrug auch hier 80 m und war durch zwei Pfähle (Pfehl I und II Fig. 1 Tafel 1) markirt, so dass je 15 m zum Ein- und Ausfahren übrig blieben. Das sonst horizontale, aus normalen Eisenbahnschienen gebildete Gleis mit 1 m Spurweite wurde zum leichteren und sicheren Anhalten des Wagens in der Ausfahrtstrecke mit 2% Steigung angelegt.

Der Versuchswagen (Fig. 2 und 3 Tafel 1), wegen des ruhigen Ganges möglichst schwer und stabil construirt, trug an seiner Vorderbrüstung in drei zur möglichsten Paralisirung der Stösse ausgefüllten Lagern die Stange mit dem Flügel, der stets 0,30 m unter der Wasseroberfläche sich befand. Eine doppelte Kniehebelbremse mit Druckhebel gestattete einerseits ein sofortiges Anhalten auf der ansteigenden Ausfahrtstrecke und andererseits bei schwachem Andrücken des Bremshebels die nothwendige Gleichmässigkeit der Fahrt.

Der Dampfmotor, eine siebenpferdige Locomobile, machte stets 60 Touren per Minute. Wie bei den erstmaligen Versuchen im Canalhafen zu Kelheim wurden die verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten durch ein eingeschaltetes Vorgelege mit Stufenrollen von 17 verschiedenen Durchmesser erreicht, welche in drei Stücken zusammengesetzt waren und über welche sich das Zugseil des Wagens jeweils aufwickelte (Fig. 6a u. b, 7 u. 8 Taf. 1).

Als Unterstützungen des Seiles innerhalb der Bahn dienten die in Abständen von je 6 m angebrachten hölzernen Leitrollen x (Fig. 3 Tafel 1).

Nach Passirung des Ausfahrtpfahles wurde der Treibriemen des Vorgeleges auf die Leerrolle geleitet und das Vorgelege gleichzeitig mit einem Hebel gebremst. Das Triebtrad der Locomobile und die Riemscheibe hatten gleiche Durchmesser, daher auch gleiche Winkelgeschwindigkeiten mit der jeweilig eingeschalteten Rolle.

Es waren die Umfänge

der Rolle 1 = 3,735 m,	der Rolle 3 = 3,295 m,
„ „ 2 = 3,510 „	„ „ 4 = 3,095 „

der Rolle 5 = 2,870 m,	der Rolle 13 = 1,030 m
„ „ 6 = 2,635 „	„ „ 14 = 1,010 „
„ „ 7 = 2,470 „	„ „ 15 = 0,685 „
„ „ 8 = 2,225 „	„ „ 16 = 0,505 „
„ „ 9 = 2,020 „	„ „ 17 = 0,320 „
„ „ 10 = 1,825 „	des Triebrades = 2,785 „
„ „ 11 = 1,600 „	der Riemscheibe = 2,785 „
„ „ 12 = 1,225 „	

B. Selbstwirkende Vorrichtungen.

Mit besonderer Genauigkeit und Schärfe wurde bei den Versuchen die jedesmalige Ein- und Ausrückung des Flügelzählwerkes, wie die Bestimmung der Fahrzeiten bei dem Ein- und Austritt aus der Station vorgenommen. Beides geschah nämlich zur völligen Vermeidung der Abhängigkeit von der Gewandtheit des Beobachters auf rein mechanischem Wege.

1) Die selbstwirkende Ein- und Ausrückung des Zählwerkes für die neueren Constructionen.

Bei den verbesserten Flügeln von Amsler-Laffon, dann Ott und Coradi stellt ein rascher Zug an der Schnur das Zählwerk abwechselnd ein und aus, indem dessen drehbare Führung einmal in eine Lücke, das anderemal in eine Erhöhung eines durch den Zug in Rotation versetzten Zahnradchens eingreift.

Dieser Zug wurde nun mechanisch dadurch hervor gebracht, dass bei der Ein- und Ausfahrt aus der Station der auf die drehbare Axe b b aufgekeilte Hebel a b (Fig. 2, 3, 4a u. b Tafel 1), an dessen rückwärtiger Verlängerung die Schnur befestigt war, mit der Rolle a über eine aus gebogenem Winkeleisen gebildete schiefe Ebene glitt. Selbstverständlich mussten diese am Anfangs- und Endpfehl der Station befestigten Winkeleisen gleiche Höhenlage und Steigung besitzen und mit ihren höchsten Punkten genau um die Stationslänge von einander abstehen, so dass der Anzug der Flügelschnur an den gegenseitig 80 m entfernten Stellen der aufsteigenden Winkelschenkel eintrat.

Durch Befestigen der Schnur an einem der sieben Löcher des Hebels b c konnte man die Grösse des Ausschlages nach Bedarf verändern. Gleichzeitig mit der Ausfahrt aus der Station wurde auch der Wagen selbstthätig vom Zugseil losgekuppelt, indem der auf der gemeinschaftlichen Axe b b aufgekeilte Hubhebel b i die Stange d i k (Fig. 3 und 4a Tafel 1) in die Höhe hob und dadurch den in die Stangenöse k eingreifenden Seilring aus dem Hubhaken des Wagens herauswarf. (Fig. 4a.)

Bei der Einfahrt in die Station war natürlicher Weise die Stange d k in die Richtung d' k' (Fig. 4a) gestellt und erst während der Fahrt in der Station brachte

man durch Einrücken des Führungsausschnittes e' in den Stift e die Stangenöse k mit dem Seilring in Eingriff.

Die Figuren 2 und 3 bringen die Hebelstellungen unmittelbar vor dem Ausfahrtpfahl, die Figuren 4a u. 4b diejenigen direkt über dem Ausfahrtpunkte zur Veranschaulichung.

Die Stärke des Zuges konnte durch eine in der Schnur eingeschaltete Spiralfeder und mit einer ebenso einfachen wie zweckdienlichen Vorrichtung zum Verlängern und Verkürzen der Schnur regulirt werden. Letztere wurde nämlich an einem Blättchen von hartem Holze (Fig. 10a u. 10b) befestigt und durch mehrere darin angebrachte Löcher durchgezogen, so dass durch die mit der Vermehrung der Löcher beliebig zu vergrößernde Reibung das Blättchen in seiner gegenseitigen Stellung zur Schnur festgehalten wurde. Durch weiteres Durchziehen oder Nachlassen von Hand konnte die Schnurlänge je nach Bedürfniss leicht um die Hälfte des Schnurweges verändert werden.

2) Selbstwirkende Ein- und Ausrückung des Zählwerkes für die Flügel älterer Konstruktion ohne Zählrädchen.

(Hiezu Fig. 5a, b und c.)

Die Instrumente älterer Konstruktion verlangten für die selbstthätige Ein- und Ausrückung ihres Zählwerkes eine unwesentliche Modifikation der sub 1) aufgeführten Vorrichtungen. Die zur Ingangsetzung des Zählwerkes dienende Schnur musste nämlich in der Versuchsstrecke bei einzelnen Flügeln immer gespannt oder bei anderen stets gelockert gehalten werden.

Im ersteren Fall war es nothwendig, den Zughebel $a b c$ (Fig. 5a, b, c) in seiner beim Einfahrtpfahl erhaltenen höchsten Stellung zu fangen und beim Ausfahrtpfahl wieder herabfallen zu lassen. Dieses geschah durch den auf der gemeinschaftlichen Axe aufgekeilten Hebel $b c$, welcher während der höchsten Stellung des Hebels $a b c$ mit seiner Nase in den Zahn des Arretirhebels $l m$ eingriff. Der letztere wurde dann am Ausfahrtpfahl dadurch gehoben, dass er mit seinem seitwärts gekröpften Ende über ein an diesem Pfahl noch weiter angebrachtes gebogenes Winkeleisen hinwegglitt, wodurch der Zughebel $a b c$ wieder herabfiel und der Zug in der Schnur aufgehoben wurde.

War das Zählwerk des Flügels bei gelockelter Schnur eingerückt, so brauchte nur die Flügelschnur um eine auf dem Wagenpodium befestigte Leitrolle herum von unten her am Hebel $a b c$ angebunden zu werden, um bei der eben beschriebenen Functionirung der beiden Hebel (des Zughebels $a b c$ und des Arretirhebels $l m$) das Zählwerk während der Fahrt in der Station eingerückt und ausser der Station ausgerückt zu erhalten.

Bei Prüfung der älteren Flügel war zum Auswerfen des Seilringes die Stange mit dem die Oese tragenden Hubhebel $m n$ auf die Drehaxe $m n$ aufgekeilt und wurde gleichzeitig mit dem Arretirhebel $l m$ bei der Ausfahrt gehoben. Der Führungshebel $d g$ hatte wieder die beiden Ausschnitte e und f (Fig. 5a), wovon der erstere beim Einfahrtpfahl in den Stift bei e eingreifen musste, um bei der Ausfahrt den Wagen vom Seile mechanisch loszukuppeln.

3. Bestimmung der Fahrzeiten auf elektrischem Wege.

Die Fahrzeiten wurden mit dem elektrischen Chronographen von Hipp in Neuchâtel gemessen. Dieser Apparat besteht aus zwei von einander unabhängigen Elektromagneten. Als Stromerreger dienten zwei entsprechend starke elektrische Batterien aus Meidinger Elementen. Der gewöhnlich unterbrochene Strom des einen der Elektromagneten wird in gleichen Zeitabschnitten geschlossen und dabei der zuvor durch eine Spiralfeder gehobene Anker angezogen. Mit dem Anker in Kniehebelverbindung steht eine Reissfeder, welche auf einem mit gleichmässiger Geschwindigkeit sich abrollenden Papierstreifen einen Strich zieht. Die Reissfeder macht daher bei jedem Stromschluss einen seitlichen Ausschlag (Fig. 11.)

Der Stromschluss geschieht durch sechs in gleichem Abstände am Umfang eines Rädchens befindliche Stifte, welche durch Hebung einer Feder Contact veranlassen. Die erforderliche Rotation des Rädchens wird durch ein an dessen horizontaler Axe aufgehängtes Gewicht bewirkt und ist so regulirt, dass der durch den Stromschluss bedingte Ausschlag der Reissfeder jede Sekunde eintritt; der Weg des sich gleichmässig abrollenden Papierstreifens beträgt stets 1 cm pro Sekunde, so dass im Diagramm alle cm ein seitlicher Ausschlag stattfindet.

Der zweite Elektromagnet markirt den Ein- und Austritt des Flügels aus der Versuchsstrecke. Zu diesem Zweck waren auf dem Anfangs- und Endpfahl der Station je ein elektrischer Unterbrecher (Fig. 9a, b u. c) angebracht, dessen Hebel durch die am Wagen befestigte steife Blechfahne h (Fig. 2 u. 3) bei der Vorüberfahrt seitlich abgelenkt wurde, wodurch in dem vom Elektromagneten bis zum Endpfahl und wieder zurückgehenden Strom eine Unterbrechung eintrat. (Fig. 9 b.)

Die in gleicher Weise wie beim ersten mit dem Anker des zweiten Elektromagneten verbundene, auf demselben Papierstreifen schreibende Reissfeder gab daher während der Stromunterbrechung durch die vorbeifahrende Fahne bei der Ein- und Ausfahrt Ausschläge, deren gegenseitige Entfernung als die verbrauchte Fahrzeit auf dem Diagramm des ersten Elektromagneten gemessen werden konnte, wobei, wie erwähnt, ein cm einer Zeitsecunde

äquivalent ist. (Fig. 11.) Auf diese Weise war es möglich, die Zeitdauer einer Fahrt mit der Genauigkeit bis zu einer Zehntelssekunde festzustellen.

II. Ergebnisse der Prüfungen in Freising.

Auf Tafel 2 sind für den elektrischen Flügel Amsler-Laffon, für einen Flügel von Ott und Coradi (System Harlacher) und für die beiden Flügelräder eines älteren Instrumentes die sekundlichen Umdrehungen als Abscissen und die sekundlichen Geschwindigkeiten als Ordinaten graphisch aufgetragen.

Diese Darstellungen, welche als der typische Ausdruck der Prüfungsergebnisse für die verschiedenen Systeme gelten können, lassen erkennen, dass das Gesetz über die Abhängigkeit der Geschwindigkeiten von den Umdrehungszahlen durch die Gleichung einer geraden Linie von der Form:

$$v = \alpha n + \beta$$

zum Ausdruck gebracht werden kann.

Mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate ergibt sich:

$$\alpha = \frac{m \sum (n v) - \sum (n) \cdot \sum (v)}{m \sum (n^2) - (\sum (n))^2} \text{ und}$$

$$\beta = \frac{\sum (v) \cdot \sum (n^2) - \sum (n) \cdot \sum (n v)}{m \sum (n^2) - (\sum (n))^2}$$

Hierin bedeuten:

v die Geschwindigkeit des Wassers in der Sekunde,
 n die Zahl der Flügelumdrehungen in derselben
 Zeit, und

m die Anzahl der Versuche.

Nicht zu verkennen ist übrigens, dass bei allen Instrumenten für geringere Geschwindigkeiten eine Abweichung von diesem Gesetze in der Weise eintritt, dass die Umdrehungszahlen für geringere Geschwindigkeiten als eine von der Grösse der letzteren abhängige Variable sich darstellen, so dass hier die Geschwindigkeit aus einer Gleichung von der Form:

$$v = \alpha + \beta n + \gamma n^2$$

durch Bestimmung der Constanten α , β und γ zu berechnen wäre.

Die verbesserten Instrumente unterscheiden sich von den älteren durch die Leichtigkeit der Flügelräder und durch die sorgfältige Lagerung ihrer Welle, wodurch die Axenreibung der Art auf ein Minimum reduziert ist, dass schon der leiseste Windzug eine Rotation zu bewirken vermag. Bei den älteren Instrumenten erfordert dagegen das Trägheitsmoment der grösseren rotirenden Masse, die durch das grössere Gewicht und minder sorgfältige Lagerung der Flügelwelle verursachte vermehrte Reibung zur Ingangsetzung eine grössere Wassergeschwindigkeit.

Diesem Unterschied entsprechend macht sich auch die vorhin erwähnte Abweichung in dem Abhängigkeitsgesetze

zwischen Geschwindigkeit und Umdrehungszahlen in hervorragendem Grade geltend bei den älteren Constructionen, sie ist dagegen bei den der Prüfung unterstellten neueren Instrumenten so unbedeutend, dass sie für Wassermessungen an Flüssen mit stärkerem Gefälle ausser Acht bleiben kann.

Gerade diese Eigenschaft der verbesserten Instrumente ist es, welche ihnen für die praktische Anwendung einen hohen Werth und neben der unverkennbaren Bequemlichkeit und Sicherheit der Handhabung ganz entschieden den Vorzug vor den älteren Instrumenten einräumt.

Ein ganz besonderes Interesse musste ein Vergleich der Ergebnisse gewähren, welche durch die Prüfung eines im Besitze des kgl. Strassen- und Flussbauamtes Ingolstadt befindlichen Instrumentes im Canalhafen zu Kelheim und auf der Station zu Freising erzielt worden sind, da dasselbe zufällig inzwischen nicht zu Wassermessungen benützt worden war.

Innerhalb der Grenzen der für dieses Instrument untersuchten Geschwindigkeiten von 0,6—3,4 m pro Sekunde ergab sich zu Freising der Werth von

$$v = 0,01348 + 0,31828 n$$

und in Kelheim

$$v = 0,01557 + 0,31812 n.$$

Die Höhe der Welle, welche vor einem im ruhigen Wasser bewegten Schiffe sich bildet, muss naturgemäss mit der Schnelligkeit der Bewegung sich vergrössern und folgerichtig auch die Geschwindigkeit, mit welcher das aufgestaute Wasser auszuweichen sucht, nach dem Gesetze des Falles mit der Höhe des Anstauens in geometrischer Progression zunehmen.

Hätte sonach bei der Prüfung im Canalhafen zu Kelheim das betreffende Instrument unter dem Einflusse der hiedurch bewirkten Strömung sich befunden, so müsste derselbe in einer verschiedenen Neigung der die Geschwindigkeit darstellenden Linien im Vergleiche beider Prüfungsergebnisse zum Ausdruck gelangen.

Nachdem jedoch der Coëffizient α oder die trigonometrische Tangente des Neigungswinkels dieser Linie in beiden Fällen nur eine geringe Abweichung in der vierten Dezimalstelle erkennen lässt, so darf mit voller Bestimmtheit behauptet werden, dass die Stauwelle im Canalhafen zu Kelheim den Gang der Instrumente nicht beeinflusst hat und dass die übrige unbedeutende Differenz der Prüfungsergebnisse nur auf den Mangel einer automatischen Beherrschung der Flügelfunction und einer exakten Zeitbestimmung bei den Versuchen im Canalhafen zu Kelheim zurückzuführen ist.

Die übrigen wiederholt geprüften, inzwischen aber zu Wassermessungen verwendeten Instrumente zeigten für

10 Umdrehungen pro Sekunde Differenzen in den Geschwindigkeiten von 1,2—2,8%. Diese Thatsache dürfte die Nothwendigkeit einer öfteren Revision der Instrumente nach längerem Gebrauche erkennen lassen.

Auf die im Vorstehenden beschriebene Weise wurden innerhalb 23 Arbeitstagen 5 Instrumente neuerer Construction und 21 ältere Woltmann'sche Flügel der Prüfung unterzogen und zu diesem Zwecke im Ganzen ca. 1300 Fahrten gemacht.

Erster Abschnitt.

Die Wassermessungen im Allgemeinen.

§ 1. Messungsvorrichtungen.

Da die meisten Wassermessungen nicht bei zufällig eintretenden, sondern bei ganz bestimmten maassgebenden Pegelständen vorgenommen werden mussten, so war es ein Hauptforderniss, alle zur Messung nothwendigen Vorarbeiten so anzuordnen, dass im geeigneten Momente sofort zur Ausführung derselben geschritten werden konnte.

Das hiezu dienende Fahrzeug besteht aus zwei in einem gegenseitigen Abstände von 2,0 m zusammengekuppelten Schiffen mit ebenem Podium, welches zum Schutze gegen die Witterungseinflüsse mit einem Dache überdeckt ist. (Tafel 3.) Die sichere Führung und Fortbewegung des Messungsfahrzeuges in der ganzen Breite des Flusses geschieht nach Art der Einrichtung der Drahtseilfähren, wobei das Führungsseil etwa 20 bis 25 m oberhalb des Messungsprofils über den Fluss gespannt ist. Eine genaue Einfahrt auf jeden beliebigen Punkt des letzteren kann durch Verlängerung oder Verkürzung der Seile, vermittelt deren das Fahrzeug an die Seilrolle befestigt ist, bewerkstelligt werden.

In der Profilrichtung selbst ist eine metrisch eingetheilte Drahtleine über den Fluss gespannt und in der Art befestigt, dass der Nullpunkt ihrer Theilung über einen Fixpunkt am linken Ufer (Dammkaute, Normallinie) zu liegen kommt. Das vollständige Ruhighalten des Messungsfahrzeuges über den Profilvertikalen wird durch Befestigung desselben an der im Profile gespannten Drahtleine ermöglicht. Diese Art der Festlegung des Messungsfahrzeuges hat sich an nicht zu breiten Flüssen sehr gut bewährt, da sie die Ausführung der ganzen Messungsoperation mit dem geringsten Zeitaufwande gestattet.

Bei Anwendung des Flügels an der Stange wird diese in 3 Punkten unterstützt, nämlich oben an der Schiffsbrüstung durch eine eiserne Schliesse, am Podium durch 2 Bodenklappen und 0,60 m unter dem Wasserspiegel durch eine mittelst eines seitlichen Hebels verstellbare Gabel. (Tafel 3.)

Beim Gebrauche des Amsler'schen Flügels am Auf-

hängedraht wurde das erhöhte, auch als Tisch dienende und auf Schienen laufende Podium bisher in der Weise passend benutzt, dass vorn die Führungsrolle und in dessen Mitte oder Ende der Haspel angeschraubt und nach Einhängung des Flügels die ganze Vorrichtung bis zur Messungsstelle hinausgeschoben worden ist. (Tafel 3.)

§ 2. Die Messung selbst.

Die eigentliche Messung beginnt mit der Profilaufnahme vermittelt der conisch geformten Sondirstange (Textfigur 6.), wobei die Tiefen je 2 mal gemessen werden. Das Querprofil wird auf dem Schiffe selbst sofort graphisch aufgetragen, um die Hauptbrechungspunkte der Flusssohle zu bestimmen, welche unter Beachtung der entsprechenden Entfernungen unter sich als Messungsstellen zur Erhebung der Geschwindigkeiten zu dienen haben.

In diesen Profilvertikalen werden vom höchst- bis zum tiefstmöglichen Punkte in entsprechenden Abständen unter sich die Geschwindigkeiten ermittelt. Hierbei empfiehlt es sich, in der Nähe der Ufer, am Fusse und an den Brechungspunkten der Böschungen, möglichst viele Messungsstellen zu wählen, da für den Verlauf der Wassermengencurve des Querprofils gerade die Uferstrecken wesentlich maassgebend sind.

Die Beobachtungszeit in einem Messungspunkte währte in der Regel bei den Flügeln nach dem Systeme Harlach 1 Minute und erstreckte sich bei den elektrischen Flügeln nach Amsler auf eine Dauer von 500 Flügeltouren.

Gleichzeitig mit der Messung werden die Geschwindigkeitscurven jeder Vertikalen unter Zuhilfenahme einer Tabelle, welche die den Umdrehungszahlen entsprechenden Geschwindigkeitsgrößen enthält, graphisch dargestellt. Dadurch wird der Vortheil erreicht, etwaige Beobachtungsfehler sofort zu erkennen und durch wiederholte Messung zu beseitigen. Gleichwohl konnte besonders in der Nähe der Ufer ein für den Verlauf der Geschwindigkeitscurve günstiges Ergebniss nicht immer erzielt werden.

Die einzelnen Messungsmanipulationen gingen in der Weise vor sich, dass ein Beobachter die Stellung des Flügels, das Ein- und Ausrücken des Zählwerkes, die Ablesung des Chronometers und der Umdrehungszahlen besorgte, während ein anderer die Beobachtungswerthe aufschrieb und die Messungsergebnisse gleichzeitig aufzeichnete. — Bei der Anwendung der Flügel mit elektrischer Zeichengebung wurden von einem Beobachter die Momente der Glockensignale am Chronometer abgelesen, von einem zweiten die Zeitcurven aufgezeichnet,

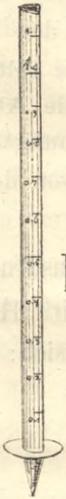


Fig. 6.

während ein dritter Gehilfe beim Gebrauche der Stange den Flügel in seine einzelnen Stellungen verbrachte, oder bei Verwendung des Flügels am Drahte die Kurbel des Haspels handhabte und die Abweichungen des Aufhänge-drahtes von der Vertikalen ermittelte.

Während nun diese Arbeiten auf dem Messungsfahrzeuge vor sich gingen, war ein weiterer Gehilfe mit der Aufnahme des Nivellements beschäftigt.

§ 3. Die Gefällsermittlung des Wasserspiegels.

Bei dem Charakter der beschriebenen Gewässer als Gebirgsflüsse kann von der Aufnahme des Wasserspiegels im Sinne eines absolut genauen Nivellements deshalb nicht die Rede sein, weil der Wasserspiegel besonders bei höheren Wasserständen kein ebenes Niveau bildet, sondern in beständiger, unregelmässiger Wellenbewegung sich befindet und selbst in kleineren Einbuchtungen der Ufer in fortwährenden Schwankungen auf- und niedersteigt. Eine annähernde Genauigkeit war daher nur aus dem Mittel möglichst vieler Messungen zu erreichen.

Man verfuhr nun in der Weise, dass man an beiden Ufern entlang in der Regel in Abständen von 50 *m* auf eine Gesamtlänge von je 150 *m* ober- und unterhalb des Messungsprofils Pfähle mit keilförmigem Querschnitte bis auf 0,50 *m* über Wasser und seitlich in dieselben kräftige Drahtstiften horizontal einschlug. Von diesen mit sorgfältiger Genauigkeit einivellirten und auf den Hauptfixpunkt bezogenen Nägeln wurden je nach der Veränderung des Wasserstandes im Laufe der eigentlichen Geschwindigkeitsmessung mehrmals die Abstiche bis zum Wasserspiegel genommen, aus deren Mittel alsdann das dem Profile zukommende relative Flussgefälle berechnet wurde.

§ 4. Die Wasserstandsbeobachtungen während der Messung.

Von grosser Wichtigkeit für das Messungsergebniss ist die genaue Beobachtung des selten im Beharrungszustande sich befindenden Wasserstandes. Derselbe wurde daher sowohl für den im Messungsprofile errichteten, als auch für einen oder mehrere der wichtigsten Pegel des maassgebenden Flussbezirkes stündlich erhoben, und das Mittel der während der eigentlichen Geschwindigkeitsmessung beobachteten Wasserstände der Berechnung für den Fall zu Grunde gelegt, als die Wasserspiegelschwankungen innerhalb dieser Zeitdauer im Messungsprofile das Maass von 0,05 *m* nicht überschritten. Im anderen Falle ist die Messung ausgeschaltet worden.

Als besonders wünschenswerth wurde hiebei erkannt, nicht allein die Zeit des Beginnes und des Endes der Gesamtmessung, sondern jeder einzelnen Messungsoperation, wie z. B. Geschwindigkeitsmessung in einer Verti-

kalen, Nivellement etc., stets zu notiren, um bei der nachträglichen Ausarbeitung die einzelnen Messungsvorgänge sich wieder vor Augen führen und etwaige Zweifel und Unklarheiten über den Verlauf des einzelnen Vorganges jederzeit beseitigen zu können.

§ 5. Schwimmermessungen.

Am gleichen Tage der Flügelmessungen wurden, sofern es die Verhältnisse gestatteten, noch Versuche mit Schwimmern angestellt. Hiezu sind Stammabschnitte von etwa 0,10 *m* Höhe und 0,20 *m* Durchmesser verwendet worden, welche unten mit Steinen entsprechend beschwert waren. Die Länge des Schwimmerweges betrug 150 *m*, wovon je 75 *m* auf beide Seite des Messungsprofils entfielen. Die Schwimmer selbst wurden 15—20 *m* oberhalb der Versuchsstrecke ruhig eingesetzt.

Zur Erzielung grösstmöglicher Genauigkeit wurde der Moment des Austritts der Schwimmer durch ein elektrisches Glockensignal vermittelt einer auf die Länge der Station hergestellten Drahtleitung nach oben signalisirt. Der am Beginn der Station, in der Nähe des elektrischen Läutwerkes stehende Gehilfe setzte beim Schwimmer-eintritt das Chronometer in Gang, während der am Ende postirte Beobachter das Herannahen des Schwimmers vermittelt des durch andauernden Stromschluss erzeugten Glockensignales nach oben mittheilte und zur Aufmerksamkeit mahnte. Sobald nun im Augenblicke des Schwimmer-austrittes der untere Beobachter den Kontakt löste, hörte das Läutsignal oben auf, welchen Moment der dortige Beobachter durch gleichzeitige Arretirung des Chronometers markirte.

Um die einzelnen Schwimmerwege, d. i. die geometrischen Orte der Durchgänge im Ein- und Austrittsprofile zu ermitteln, waren zwei metrisch getheilte Drahtleinen über den Fluss gespannt, die eine 20 *m* oberhalb des Beginnes, die andere gerade am Ende der Station. Die Schwimmer wurden an der oberen Leine meist in Entfernungen von je 2 *m* eingesetzt und von einem an der unteren Leine angelegten Schiffe aus unter gleichzeitiger Beobachtung ihres dortigen Durchgangspunktes wieder aufgefangen.

Zweiter Abschnitt.

Die Messungsstellen.

§ 1. Beschreibung derselben.

Die einzelnen Messungsstellen am Inn, an der Donau, der Isar und dem Lech sind mit Rücksicht auf die oben erwähnten Zwecke der Messungen entsprechend gewählt worden. Der in Plan gelegten Messung am Inn wurde

eine Situation der Messungsstelle selbst im Maassstabe 1 : 10 000 beigegeben.

Die Messungsstelle am Inn (Tafel 4) befindet sich zunächst dem Reisacher Pegel bei *km* 8,970 der an der bayerischen Landesgrenze beginnenden kilometrischen Flusseinteilung, oder etwa 11,5 *km* unterhalb Kufstein und 25,5 *km* oberhalb Rosenheim in einer corrigirten, möglichst geraden Flussstrecke mit regelmässig ausgebildetem Profile, aber veränderlicher Sohle, die jedoch selbst bei Niederwasser frei von Kiesbänken ist. — Der Inn bildet auf dieser Strecke die nasse Landesgrenze zwischen Bayern und Oesterreich und wird hier beiderseits von Hochwasserdämmen begrenzt, welche ein einfach gestaltetes Flussprofil ohne Vorländer einschliessen, und deren Kronenhöhen auf + 4,19 *m* bzw. + 3,21 *m* R. P. gelegen sind.

Die hier ausgeführten 3 Messungen wurden gleichzeitig zur Ermittlung der Consumption des Flusses benutzt.

An der Donau wurden an drei verschiedenen Stellen Messungen vorgenommen.

Die erste befindet sich bei *km* 73,600 der an der Illermündung oberhalb Neu-Ulm beginnenden Flusseinteilung, 4,6 *km* oberhalb des Donauwörther Pegels in einer corrigirten, sehr wenig gekrümmten Flussstrecke, die ein regelmässig ausgebildetes, von Kiesbänken freies Profil mit jedoch veränderlicher Sohle besitzt und das Hochwasser nur höchstens bis zur Hälfte aufzunehmen vermag.

Die zweite Messungsstelle liegt bei *km* 115,325 d. i. 4,642 *km* unterhalb des Neuburger Pegels in einer corrigirten, ausgebildeten geraden Flussstrecke mit Ufern auf etwa Mittelwasserhöhe.

Die dritte Messungsstelle befindet sich bei *km* 131,228 oder 948 *m* unterhalb des Ingolstädter Pegels in einer theilweise corrigirten Flussstrecke zwischen der Stadt Ingolstadt und dem Brückenkopfe auf dem rechten Ufer. Die Hochwasser übersteigen in diesem Profile die Ufer nicht.

Das letzte Messungsprofil wurde neuerdings aus dem Einflusse der unterhalb gelegenen Eisenbahnbrücke weiter stromaufwärts verlegt und dient nunmehr zur Bestimmung der Consumption des Flusses.

Die Messungsstelle an der Isar liegt 4,4 *km* unterhalb der Maximiliansbrücke zu München in einer geraden, corrigirten Flussstrecke mit regelmässig ausgebildetem, von Kiesbänken freiem Profile, aber veränderlicher Sohle.

Am Lech befinden sich 2 Messungsstellen; deren eine liegt bei Kaufering 150 *m* unterhalb der dortigen Eisenbahnbrücke in einer nur theilweise corrigirten Flussstrecke mit etwas unregelmässig ausgebildeter Sohle, während die andere mit Rücksicht auf die im Jahre 1879 in Angriff genommene, bei der Schwabstadeler Brücke beginnende grössere Flusskorrektur 200 *m* unterhalb dieser

Brücke gewählt worden ist. Der Fluss liegt hier in der sog. Einweisungs-Concaven und zeigt im Allgemeinen eine gleichförmige Strömung und regelmässige Sohlensausbildung.

§ 2. Zahl, Datum und Pegelstände der Messungen.

a) Messungen am Inn.

Die 3 hier ausgeführten und gleichzeitig zur Consumption des Flusses benutzten Messungen fanden bei möglichst verschiedenen Wasserständen statt und zwar:

Messung Nr. 1 am 27. November, 1878 bei + 0,03 *m* Reisacher Pegel,

Messung Nr. 2 am 10. August 1878 bei + 1,12 *m* R. P.

„ Nr. 3 „ 2. Septbr. 1878 „ + 1,63 *m* R. P.

Die Ausführung einer für die Consumption allerdings wünschenswerthen Messung bei einem höheren Wasserstande, als 1,63 *m* R. P. ist bei den hochgehenden Wellen, der sehr starken Strömung und dem Treibmaterial des Flusses (Baumstämme, Holzblöcke) nicht rathsam, da ein Zerreißen des Fährenseiles, wie des Flügelaufhängedrahtes und eine Beschädigung der Instrumente in sicherer Aussicht stünde.

Die Ergebnisse der Wasserstandsbeobachtungen und der Bestimmung des jeweils maassgebenden mittleren Wasserstandes sind für alle Messungen in Tabelle I und II auf Seite 1—3 des Anhanges zusammengestellt, woselbst auch die Pegelstände der benachbarten Flussbezirke, die Messungsdauer, sowie die verwendeten Flügel und die meteorologischen Verhältnisse näher angeführt wurden.

b) Messungen an der Donau.

1) Oberhalb Donauwörth: Die bei niederem, möglichst gleichem Wasserstande ausgeführten beiden Messungen fanden statt:

Messung Nr. 4 am 18. August 1879 bei + 0,93 *m* Donauwörther Pegel,

Messung Nr. 5 am 6. August 1879 bei + 0,98 *m* Dw. P.

2) bei Neuburg: Messung Nr. 6 am 3. August 1879 bei + 0,59 *m* Neuburger Pegel.

3) bei Ingolstadt: Von den 4 daselbst vorgenommenen Messungen hat hier nur die beim niedrigsten Wasserstande ausgeführte

Messung Nr. 7 am 3. April 1879 bei + 0,42 *m* Ingolstädter Pegel eine spezielle Bearbeitung gefunden.

c) Messung an der Isar.

Obgleich in den Jahren 1878 und 1879 vier Messungen daselbst ausgeführt worden sind, so wurde doch nur die beim niedrigsten Wasserstande, nämlich die Messung Nr. 8 am 14. Januar 1879 bei — 2,77 *m*

Bogenhauser Pegel in den Rahmen der vorliegenden Abhandlung aufgenommen.

d) Messungen am Lech.

1) bei Kaufering: Messung Nr. 9 am 23. November 1878 bei $-0,69\text{ m}$ Kauf. Pegel,

Messung Nr. 10 am 19. Oktob. 1878 bei $-0,52\text{ m}$ K. P.

Messung Nr. 11 am 10. Septbr. 1878 bei $+0,07\text{ m}$ K. P.

2) bei Schwabstadel: Messung Nr. 12 am 12. Oktober 1880 bei $+0,16$ Schwabstadeler Pegel.

Dritter Abschnitt.

Die Messungsergebnisse.

§ 1. Direkte Erhebungen der einzelnen Messungen.

a) Querprofile. Mit Rücksicht auf die Raumverhältnisse dieser Abhandlung sind die Ergebnisse der Peilungen der einzelnen Querprofile hier nicht aufgenommen, sondern lediglich die auf dem gewöhnlichen Wege der Rechnung bestimmten Flächeninhalte derselben in den späteren Tabellen vorgetragen.

b) Die eigentlichen Geschwindigkeitsmessungen in den einzelnen Profilvertikalen. Dieselben sind für jede der 12 Messungen der Reihe nach in der Tabelle III auf Seite 3—13 des Anhanges übersichtlich zusammengestellt, woselbst der Zweckmässigkeit halber gleichzeitig noch die mittleren Geschwindigkeiten in den Vertikalen, sowie die Rechnungsergebnisse der unten erwähnten Lavale'schen Formel aufgeführt worden sind.

c) Schwimmermessungen. Bei 8 Messungen wurden zugleich Versuche mit Schwimmern angestellt, wovon die Ergebnisse jedoch nur für die Innmessungen in Tabelle IV auf Seite 14 des Anhanges im Einzelnen vorgetragen sind.

§ 2. Ausarbeitung der Messungen am Inn.

Den Ausarbeitungen sämtlicher Messungen ist die von Harlacher angegebene graphische Methode einheitlich zu Grunde gelegt, wie sie in seinen Abhandlungen: „Beiträge zur Hydrographie des Königreiches Böhmen“ und „Die Messungen in der Elbe und Donau“ sich näher beschrieben findet — Wie bereits im Vorworte erwähnt, wurden jedoch nur die graphischen Darstellungen der drei Messungen am Inn als Muster gleichsam hier aufgenommen (Tafel 4—9), während die in analoger Weise abgeleiteten Ergebnisse der übrigen Messungen in Tabelle V, Seite 15 des Anhanges, mit denen der Innmessung übersichtlich zusammengetragen sind.

a) Querprofil. Die Messungsprofile wurden zur

Gewinnung eines übersichtlichen Bildes im unverzerrten Maassstabe 1 : 400 dargestellt, aus welchen Profilen sich die Wasserspiegelbreite W und die Wahl der einzelnen Profilvertikalen mit Angabe ihrer Tiefen und gegenseitigen Entfernung entnehmen lässt. Die benetzten Umfänge p wurden aus einem im grösseren Maassstabe aufgetragenen Querprofile mit hinlänglicher Genauigkeit graphisch ermittelt. Ferner ergaben sich auf rechnerischem Wege:

$$\text{die mittlere Flusstiefe } t = \frac{F}{W};$$

$$\text{der Profilradius } R = \frac{F}{p} \text{ und}$$

$$\text{der mittlere Hauptradius } R_1 = \frac{F}{p + W}.$$

b) Vertikalgeschwindigkeits-Curven.

Der graphischen Darstellung des Querprofiles reihen sich unmittelbar die Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen in den einzelnen Profilvertikalen an. Unter der Voraussetzung, dass die Geschwindigkeiten der einzelnen Wasserfäden in einer Vertikalen nach bestimmten, bis jetzt noch nicht festgestellten Gesetzen sich gleichmässig ändern, wurde die Vertikalgeschwindigkeitscurve in der Weise konstruirt, dass zwischen den Endpunkten der in den verschiedenen Tiefen aufgetragenen Geschwindigkeiten unter entsprechender Berücksichtigung des Verlaufes der Curven der beiden Nachbarvertikalen durch graphische Interpolation ein stetig gekrümmter Linienzug ausgemittelt worden ist.

Da die Oberflächen- und Sohlengeschwindigkeiten nicht direkt gemessen worden waren, so wurden ihre Grössen durch entsprechende Verlängerung der Curven nach oben und unten graphisch bestimmt.

Der Inhalt jeder einzelnen dieser sogen. Geschwindigkeitsflächen wurde planimetrisch ermittelt und gibt durch die Wassertiefe D dividirt die mittlere Geschwindigkeit V_m in der Vertikalen, deren geometrischer Ort unter dem Wasserspiegel d_m im Schnittpunkte der Geschwindigkeitscurve mit der im Abstände V_m von der Vertikalen errichteten Parallelen gefunden wird.

c) Das Nivellement des Wasserspiegels.

An allen untersuchten Flüssen ist die Höhenlage des Wasserspiegels an beiden Ufern, selbst in den regelmässigen Messungsstrecken und bei niederen Wasserständen niemals gleich gefunden, sondern beispielsweise bei der Messung Nr. 2 am Inn bei Reisach ein beiderseitiger Höhenunterschied von $0,064\text{ m}$ und bei der Messung Nr. 7 an der Donau bei Ingolstadt in einer allerdings schwach gekrümmten Flussstrecke ein solcher von sogar $0,09\text{ m}$ ermittelt worden.

Die auch von Anderen nachgewiesene einseitige Ueberhöhung des Wasserspiegels findet ihre Erklärung in der

centrifugalen Bestrebung der bei Gebirgsflüssen selbst in geraden Strecken stets serpentinirenden Strömung, dann in der durch die entstehende einseitige grössere Flusstiefe bedingten molecularen Massenattraktion und unter Umständen in der Wirkung der Erdrotation.

Aus den bei jeder Messung in grösserer Anzahl aufgenommenen Einzelnivellements beider Ufer wurde das dem Messungsprofile zugehörige mittlere relative Flussgefälle J in der Weise bestimmt, dass aus den relativen Gefällen aller Einzelnivellements innerhalb der maassgebenden Flussstrecke von 25 bis 50 m beiderseits des Messungsprofiles das arithmetische Mittel gebildet worden ist.

d) Ermittlung der Wassermenge pro Sekunde und der mittleren Geschwindigkeit im ganzen Profile.

Die in der Sekunde abfliessende Wassermenge wurde graphisch in der Weise ermittelt, dass die erhobenen Inhalte der Geschwindigkeitsflächen vom Wasserspiegel des Querprofiles aus in den einzelnen Vertikalen linear aufgetragen und die Endpunkte dieser Ordinaten unter geeigneter Berücksichtigung der jeweiligen Form der Flusssohle entsprechend mit einander verbunden worden sind.

Der Flächeninhalt dieser vom Wasserspiegel einerseits und dem gefundenen Linienzuge, der sog. Wassermengencurve, andererseits gebildeten Figur liefert die gesuchte Wassermenge Q pro Sekunde, welche durch den Flächeninhalt F des Querprofiles dividirt die mittlere Geschwindigkeit v im ganzen Profile ergibt. Die Wassermengfläche wurde mit Hilfe des Planimeters stets möglichst genau ermittelt.

c) Darstellung der übrigen, wichtigeren Geschwindigkeiten und Ermittlung der mittleren Oberflächen- und Sohlengeschwindigkeit.

Die Figur der Wassermengencurve wurde gleichzeitig benutzt zur Darstellung der Oberflächen- und mittleren Geschwindigkeiten in den einzelnen Profilvertikalen, sowie zur Konstruktion der Curven gleicher Geschwindigkeiten (Isotacheen) und der Ortscurve der mittleren Geschwindigkeiten in den Vertikalen.

Die Grösse der mittleren Oberflächen- und der mittleren Sohlengeschwindigkeit im ganzen Profile (V_{om} und V_{dm}) wurden durch Division der von der Wasserspiegel- bzw. Sohlengeschwindigkeitscurve und dem Wasserspiegel umschlossenen Fläche mit der Wasserspiegélbreite W auf rechnerischem Wege erhalten. (Vergl. Tabelle XI auf Seite 21 des Anhanges.)

War die Maximalgeschwindigkeit im Profile V_{max} nicht durch unmittelbare Messung erhoben worden, so wurde ihre Grösse, ebenso wie die grösste Oberflächengeschwindigkeit im Profile C als Ordinate des Wendepunktes der betreffenden Curve auf graphischem Wege ermittelt.

Zur vergleichenden Darstellung der Oberflächen- und Sohlengeschwindigkeiten, sowie der Wassermengen in ein und demselben Profile bei verschiedenen Wasserständen wurden dieselben auf den Tafeln 5 und 7 über einer als Wasserspiegel angenommenen Horizontalen graphisch aufgetragen.

§ 3. Ermittlung der Consumption des Innflusses bei Reisach.

a) Die hiez u nöthigen Erhebungen.

Bekanntlich lässt sich das durch ein gegebenes Flussprofil innerhalb einer gewissen Zeitperiode zum Abfluss gelangende Gesamtwasserquantum, die gesammte Wasserabfuhr oder die Consumption des Flusses, mit Hilfe einzelner genauer Wassermessungen und fortgesetzter Beobachtungen der Wasserhöhen in jenem Falle ermitteln, wenn diese Geschwindigkeitsmessungen bei mindestens 3 verschiedenen Wasserständen ausgeführt worden sind.

Zu diesem Zwecke brauchen nur diejenigen Beziehungen abgeleitet zu werden, welche die Berechnung der bei jedem beliebigen Wasserstande abgelaufenen Wassermenge ermöglichen. Je weiter die Wasserstände, bei welchen die Messungen vorgenommen wurden, auseinanderliegen, um so richtiger und genauer wird das Ergebniss der Berechnung ausfallen.

In wie weit dies nun mit den am Inn angestellten 3 Messungen erreicht worden ist, mag aus der folgenden Bestimmung der Consumption dieses Flusses für das Messungsprofil bei Reisach während des Sommersemesters 1878 und des Wintersemesters 1878/79 entnommen werden.

Hiebei wäre es allerdings erwünscht gewesen, dass die 3. Messung bei einem höheren Wasserstande ausgeführt worden wäre, um die Beziehungen zwischen Wasserstand und Wassermenge möglichst sicher auch für die höheren Pegelstände zu ermitteln; allein wie schon oben angeführt, ist die Herstellung einer verlässigen Messung bei einem noch höheren Wasserstande, als der von $+ 1,63 m$ R. P. mit den angewendeten Mitteln technisch nicht ausführbar.

b) Beziehungen zwischen den einzelnen Messungsergebnissen am Inn.

(Hiezu Tafel 10, 11 und 12.)

Tafel 10 enthält die aus den Ergebnissen der 3 Messungen am Inn abgeleiteten Beziehungen zwischen den Grössen R ; J ; F ; p ; k ; v ; Q ; und P (Pegelstände) für ihre kleinsten und grössten Werthe bis zu einem Pegelstande von $+ 3,21 m$ Reis. Pegel, d. i. bordvolles Profil.

Für die Ableitung der einzelnen Curven ist hiebei Folgendes zu erwähnen:

1) Sämmtliche Curven sind auf rechtwinklige Coordinatensysteme bezogen, deren Abscissen jeweils die oben-

genannten Grössen selbst, mit Ausnahme von R , und deren Ordinaten nicht die Pegelstände P , sondern die Profil-Radien R darstellen. — Die Wahl des Profilradius zur Ordinatenaxe rechtfertigt sich aus dem Umstande, dass fast alle Geschwindigkeitsformeln neben dem Gefälle den Profilradius und nicht die einfache Wassertiefe als unabhängige Variable aufgestellt haben, und dass ausserdem eintretende Veränderungen des Flussquerprofils weniger in der Höhe des Pegelstandes, als vielmehr in der Grösse des Profilradius zum unverkennbaren Ausdruck gelangen.

2) Die Gefällsermittlungen der 3 Messungen lieferten das mit dem allgemeinen Regime jeden Flusses übereinstimmende Ergebniss, dass die Gefälle mit steigenden Wasserständen abnehmen. — Das Gesetz dieser Abnahme liess sich im vorliegenden Falle am zweckmässigsten aus der Gleichung von der Form:

$$J = \alpha R^2 + \beta R + \gamma$$

ermitteln, deren Coefficienten aus den 3 Messungen gefunden wurden.

Als Gefällsgleichung ergab sich dann:

$$J = 0,38945 R^2 - 5,1901 R + 126,97.$$

Bei mehr als 3 Messungen lassen sich für den Fall der Beibehaltung der obigen Form der Gleichung die Coefficienten mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate bestimmen.

3) Die Flächenzunahme des Querprofils F bei steigendem Wasser ergibt sich einerseits aus dem den Wasserständen entsprechenden Zuwachs des Profils unter Berücksichtigung der Böschungsänderungen (Bermen etc.) und andererseits aus der mit den Wassertiefen veränderlichen absoluten Höhenlage der Flusssohle.

Bei vorliegenden Messungen wurde festgestellt, dass die Profilzunahme für den letzteren Fall proportional mit den Pegelständen wächst.

4) Die Curve der benetzten Umfänge p ist, wie die Curve der F abgeleitet und setzt sich bei beweglicher Sohle, wie F aus dem den Wasserständen proportionalen Werthe des oberen Profils und dem mit den Wassertiefen veränderlichen Werthe des unteren Theiles zusammen.

5) Die Schwierigkeit, ein allgemein giltiges Gesetz der Geschwindigkeitscurve für die verschiedenen Kategorien von Wasserläufen aufzustellen, findet eine genügende Erklärung in der Verschiedenartigkeit des Charakters der Flüsse. — Desshalb gaben auch die bis jetzt gebräuchlichsten Geschwindigkeitsformeln bei ihrer Anwendung auf verschiedene Flüsse Resultate von bald grösserer, bald geringerer Genauigkeit. — Die Auffindung des Gesetzes der Aenderungen der mittleren Geschwindigkeit in ein und demselben Profile mit regelmässiger Gestaltung stösst auf geringere Schwierigkeiten.

Zu diesem Zwecke wurden mehrere Gleichungen von

verschiedener Form untersucht, welche den Bedingungen entsprachen, dass die Curve durch den Coordinaten-Ursprung und durch die 3 Messungsergebnisse hindurchgehe, und welche bei entsprechender analytischen Umgestaltung sich möglichst der Form der neueren Geschwindigkeitsgleichungen näherten. — Hierbei war ausserdem der einschränkende Bedingung zu genügen, dass sich für die höheren Wasserstände in sofern keine Widersprüche ergaben, als die Curve der aus v und F combinirten sekundlich abfliessenden Wassermengen nach Maassgabe der Regelmässigkeit des Messungsprofils auf ihrer oberen Strecke einen gleichmässigen Verlauf aufweisen musste.

Unter den in dieser Art untersuchten Gleichungen entsprach diejenige von der Form $v = a \sqrt{R^3 J^3} + b \sqrt{R^2 J^2} + c \sqrt{R J}$ am besten den gegebenen Bedingungen und es berechneten sich deren Coefficienten aus den 3 Messungen zu $a = -0,5514$; $b = +1,8966$; $c = +0,3255$.

6) Die Coefficienten-Curve k ist aus der Geschwindigkeitscurve v mittelst des Werthes $k = \frac{v}{\sqrt{R J}}$ unmittelbar abgeleitet worden.

7) Die Curve Q der sekundlich abfliessenden Wassermengen dient als Hilfscurve zur Ermittlung der Consumption des Flusses und wurde gefunden aus der Formel $Q = v \cdot F$, wobei für die Berechnung der Profilflächen hauptsächlich die Brechungspunkte in den Profilböschungen maassgebend waren.

8) Zum Zwecke der Vergleichung der einzelnen Curven unter sich und in Bezug auf die Profilgegenstände war es nun noch erforderlich, eine Beziehung zwischen den letzteren und den Profilradien mit Hilfe des Ausdruckes $R = \frac{F}{p}$ aufzustellen, wobei die Pegelstände unmittelbar durch den oberen Zuwachs des Profils bestimmt sind. — Auf diese Weise wurde die Curve der Reissacher Pegelstände ermittelt.

c) Die Consumption selbst.

9) Die auf Tafel 11 und 12 mit I bezeichneten Curven der Wasserstände gaben die während des Sommersemesters 1878 und des Wintersemesters 1878/79 beobachteten Pegelstände im Messungsprofile an. — Die ihnen ähnlichen Curven der Wassermengen (mit II bezeichnet) stellen die in den jeweiligen Zeiteinheiten abgeflossenen Wassermengen dar. — Die von der Curve 2 und der Abscissenaxe, sowie von der Anfangs- und Endordinate begrenzte Fläche gibt die in dem betreffenden Semester zum Abfluss gelangte Wassermasse an. — Die Ordinaten der mit IV bezeichneten Curve stellen die bis zu einem beliebigen Zeitraume des Jahres abgeflossene Wassermenge dar. Desgleichen ist die Ordinatendifferenz zwischen 2 beliebigen Zeitpunkten die in dieser Zeit abgeflossene Wassermenge.

Zur Konstruktion der Curven II ist die Hilfscurve Q Tafel 10 in die Curve III der Tafeln 11 und 12 umgewandelt, wobei Q als Abscisse und P als Ordinate gewählt worden ist.

Wie schon erwähnt wurde ihr Gesetz bis zu 3,21 m Reis. P. (dem bordvollen Profil) verfolgt, während im vorgenannten Jahre als höchster Wasserstand + 2,90 m Reis. P. beobachtet worden ist. Nachdem die Curve Q auf Tafel 10 ziemlich stetig verläuft, muss sie als Hilfscurve auf Tafel 11 und 12 entsprechend den Aenderungen in den Profildböschungen Brechungen erleiden. Ausserdem sind auf den genannten beiden Blättern noch die geometrisch mittleren sekundlichen Wassermengen für die einzelnen Quartale und Semester und die ihnen entsprechenden Pegelstände, sodann die arithmetisch mittleren Wasserstände für die bezeichnenden Perioden graphisch aufgetragen.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass den Curven I und II auf Tafel 11 und 12 die ihnen strenge zukommende Wellenform aus praktischen Rücksichten desshalb nicht gegeben wurde, weil

1) im Verlaufe eines Tages nur eine einzige Wasserstandsbeobachtung vorgenommen wurde, deren Ergebniss in der betreffenden Ordinate der Curve I aufgetragen ist und

2) weil dem durch den zackigen Linienzug der Curve II entstehenden Fehler eine ausschlaggebende Bedeutung nicht zugemessen werden kann, nachdem die nach beiden Richtungen hin auftretenden Abweichungen in den Bergen und Thalern dieser Curve sich nahezu ausgleichen.

Mit Hilfe der beschriebenen Methode wurden die während des Jahres 1878/79, d. i. vom 1. April 1878 bis 1. April 1879 durch das Flussprofil bei Reisach abgeflossenen Wassermengen ermittelt und die folgenden Zahlen erhalten: Es flossen ab

im 2. Quartale 1878	=	4 148,37	Millionen <i>cbm</i> ,
„ 3. „ 1878	=	5 331,47	„ „
<hr/>			
im Sommersemester 1878	=	9 479,84	„ „
im 4. Quartale 1878	=	1 642,81	„ „
„ 1. „ 1878	=	719,37	„ „
<hr/>			
im Wintersemester 1878/79	=	2,362,18	„ „
mithin im ganzen Jahre 1878/79	=	11 842,02	„ „

Vertheilt man diese Wassermenge gleichmässig über das zugehörige 9836,6 *qkm* umfassende Flussgebiet des Inn bis Reisach*), so erhält man als jährliche Abflusshöhe = 1205 *mm*.

*) Anmerkung: Vergl. Hydrographische Uebersichtskarte des Königreiches Bayern im Maassstabe 1:750 000 mit Angabe der Wasserscheiden und Flussgebiete nebst Flussgebietstabellen; herausgegeben von der k. bayr. Obersten Baubehörde im Staatsministerium des Innern. München 1881 bei Dr. C. Wolf & Sohn. 3 Mark.

Als Jahresmittel ergibt sich eine Abflussmenge pro Sekunde und *qkm* von 38 Liter

Das Abflussmittel im Sommersemester beträgt = 60,8 „
oder 160% des Jahresmittels.

Jenes im Wintersemester beträgt . . . = 15,15 „
oder 39,9% des Jahresmittels = 24,9% des Mittels im Sommersemester.

Der monatliche Abfluss erreichte im August sein Maximum und betrug im Mittel pro Sekunde und *qkm* = 74 Liter oder 195% des Jahresmittels;

dagegen im Februar sein Minimum mit = 8,6 Liter im Mittel pro Sekunde und *qkm* oder 22,6% des Jahresmittels.

Das absolute Abflussmaximum während der untersuchten Periode fand am 17. August 1878 statt mit 135 Lit. pro Sek. und *qkm*. Dieser Wassermenge entspricht ein Pegelstand von + 2,90 m R. P., während der höchst bekannte Wasserstand eine Höhe von + 3,68 m R. P. erreicht hat.

Das absolute Minimum trat am 7. März 1879 ein und betrug 7,6 Liter pro Sek. und *qkm*.

Vierter Abschnitt.

Vergleich der Ergebnisse der Messungen mit denen der Formeln.

§ 1. Die zur Berechnung angewendeten Geschwindigkeitsformeln und ihre Ergebnisse.

Die aus den vorliegenden Messungen gefundenen mittleren Profilgeschwindigkeiten wurden mit den Ergebnissen der sämtlichen bis jetzt bekannten, von verschiedenen Hydrotekten aufgestellten Formeln verglichen und die erhaltenen Werthe in der Tabelle VI Seite 16 und 17 des Anhanges übersichtlich zusammengestellt.

Hiezu mag hinsichtlich der neueren Kutter'schen, sowie der La vale'schen Formel Folgendes bemerkt werden:

Die nach der Formel von Kutter

$$v = \frac{23 + \frac{0,00155}{J} + \frac{1}{n}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) \cdot \frac{n}{\sqrt{R}}} \cdot \sqrt{R J}$$

unter Zugrundlage der gemessenen jeweiligen mittleren Profilgeschwindigkeiten berechneten Werthe des Rauheits-Coeffizienten *n* wurde gefunden für

Messung Nr. 1	. . .	<i>n</i> = 0,026	} Inn bei Reisach.
„ „ 2	. . .	<i>n</i> = 0,028	
„ „ 3	. . .	<i>n</i> = 0,029	
„ „ 4	. . .	<i>n</i> = 0,0226	} Donau bei Donauwörth.
„ „ 5	. . .	<i>n</i> = 0,0238	
„ „ 6	. . .	<i>n</i> = 0,0218	Donau bei Neuburg.
„ „ 7	. . .	<i>n</i> = 0,0251	„ „ Ingolstadt.

Messung Nr. 8	$n = 0,0266$	Isar bei München.
„ „ 9	$n = 0,0284$	} Lech bei Kaufering.
„ „ 10	$n = 0,0259$	
„ „ 11	$n = 0,0261$	
„ „ 12	$n = 0,0207$	Lech bei Schwabstadel.

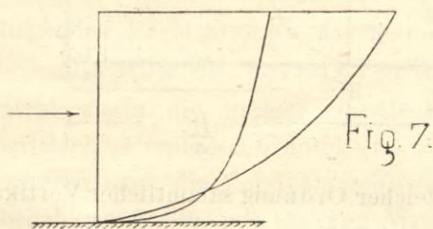
Man erkennt hieraus die ziemlichen Schwankungen, welchen der Rauheits-Coeffizient n bei Gebirgsflüssen, selbst für ein und dasselbe Profil unterworfen ist. Während beispielsweise n für den Lech bei Kaufering im Mittel zu 0,0268 gefunden wurde, nimmt es 5 km unterhalb bei Schwabstadel bis auf 0,0207 ab.

Die zweckdienliche Anwendung der Kutter'schen Formel zur Berechnung der mittleren Profilgeschwindigkeit macht daher die vorausgängige Bestimmung des der untersuchten Flussstrecke zugehörigen Rauheits-Coeffizienten auf dem Wege der direkten Messung erforderlich. Alsdann nimmt diese Formel im Vergleiche mit allen übrigen hinsichtlich der Genauigkeit ihrer Rechnungsergebnisse allerdings den ersten Platz in der Rangordnung ein.

Der verstorbene bayr. Oberbaurath Lavale *) hat auf Grund zahlreicher Messungen empirische Formeln für die Oberflächen-, die mittlere Profilgeschwindigkeit und die Wassermenge aufgestellt, mittelst deren die Geschwindigkeiten nicht allein für die 12 vorliegenden, sondern auch für 13 andere Messungen, soweit sie die erforderlichen Angaben enthielten, berechnet worden sind. — In Tabelle VIII auf Seite 18 des Anhanges sind die Ergebnisse dieser angestellten Untersuchungen zusammengestellt, wonach die Formel ohne Rücksicht auf das Vorzeichen eine mittlere Genauigkeit von 7,5% ergeben hat.

Lavale setzt für die Aufstellung seiner Formeln voraus, dass die Geschwindigkeiten in den Vertikalen von der Sohle aufwärts bis zur Oberfläche nach den Gesetzen einer Parabel wachsen, deren Scheitel in der Flusssohle gelegen ist und deren Axe mit der Vertikalen selbst zusammenfällt. Diese Parabeln nennt er Vertikalparabeln (Textfigur 7.)

Vertikalparabeln

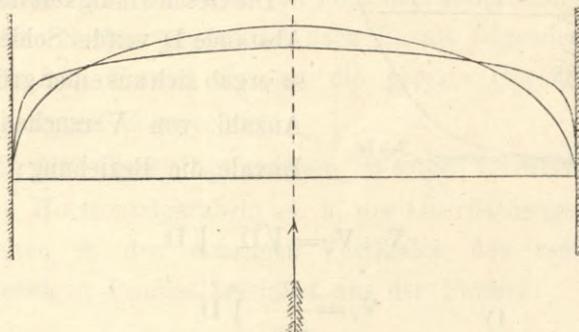


Die Geschwindigkeiten in den horizontalen Ebenen lässt er von den Ufern aus gleichfalls nach den Gesetzen von Parabeln zunehmen, deren Scheitel im Ufer und deren Axen

*) Anmerkung: Vergl. die neuerdings erschienene Schrift: Unsere natürlichen Wasserläufe; Wasser- und Geschiebebewegung, Form des selbstgeschaffenen und abgeänderten Bettes derselben mit besonderer Berücksichtigung der Rheinkorrektion. — Hydrotechnische Studien aus den Papieren des ehemal. bayr. Oberbaurathes Lavale, von J. Rapp, k. Bauamtsassessor. Verlag bei Gebr. Bögl in Weilheim in Oberbayern 1883.

senkrecht zur Mittellinie des Flusses in den zum Wasserspiegel parallelen Ebenen gelegen sind. Diese Curven heissen Horizontalparabeln (Textfigur 8.) In jeder

Fig. 8. Horizontalparabeln.



horizontalen Wasserschichte liegen also zwei gleiche Parabeln, deren Schenkel in der Flussmitte zusammentreffen.

„Die Parabeln beider Arten sind von verschiedener Ordnung. Diese Ordnung ist umso niedriger (es zieht sich die Parabelcurve gegen den Scheitel hin umso stärker ein), je rauher die Sohle, bzw. je stärker die Geschwindigkeit im Vergleiche zur Tiefe oder Breite ist. Dagegen hat die Parabel eine umso höhere Ordnung, je grösser die Tiefe bzw. die Breite des Flusslaufes im Vergleiche zur Geschwindigkeit wird, weil alsdann die Rauheit der Sohle und der Ufer auf die entfernteren Wassertheilchen von geringerem Einflusse ist, in Folge dessen die Curve einer mehr Parallelen zur Axe sich nähert.“

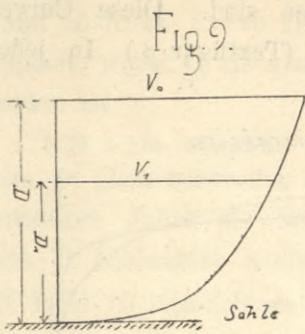
„Die Vertikalparabeln sind im unregelmässigen, wie in rechteckigen Profilen stets regelmässig; die Geschwindigkeiten weichen nur wenig oder gar nicht von den Gesetzen der Parabel ab“, wobei vorgeschlagen wird die grösste Geschwindigkeit an die Oberfläche zu legen.

„Die Horizontalgeschwindigkeiten geben nur bei geraden Strecken und in regulärem, rechteckigem Profile ein regelmässiges, mit der Parabel zusammenfallendes Bild; die grösste Geschwindigkeit liegt dann in der Profilmitte. In unregelmässigen Flussstrecken und Profilen bilden die Oberflächengeschwindigkeiten keine Parabeln, auch liegt dann die grösste Geschwindigkeit im Allgemeinen ausserhalb der Mitte.“

„Will man daher in diesem Falle die Geschwindigkeiten für die Oberfläche berechnen, so muss das unregelmässige Profil unter Festhaltung der Wasserspiegelbreite in ein rechteckiges umgewandelt, für dieses die Horizontalparabel an der Oberfläche berechnet und von den so erhaltenen Geschwindigkeiten auf diejenigen der grösseren oder geringeren Tiefen des unregelmässigen Profiles geschlossen werden.“

Die Art und Weise des Rechnungsverfahrens wird durch folgende Betrachtungen erörtert:

Bedeutet in nebiger Figur (Textfigur 9.)



Die Oberflächengeschwindigkeit in den Vertikalen = V_0 .
 Die Wassertiefe in derselben = D .
 Die Geschwindigkeit im Abstände D_1 von der Sohle = V_1
 so ergab sich aus einer grösseren Anzahl von Versuchen nach Lavale die Beziehung:

$$V_1 : V_0 = \sqrt[n]{D_1} : \sqrt[n]{D}$$

oder 1) $V_1 = \frac{V_0}{\sqrt[n]{D}} \cdot \sqrt[n]{D_1}$

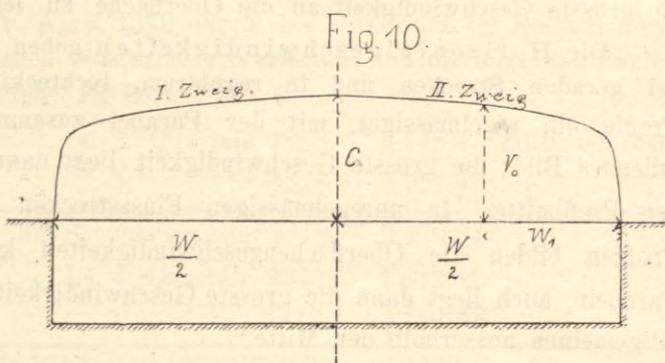
n ist abhängig von den Quotienten $\frac{D}{V_0}$ und wurde gefunden zu

2) $n = 1 + 4,80 \sqrt{\frac{D}{V_0}}$

Ist jedoch $\frac{D}{V_0} < 2,50$, so wird

3) $n = \left\{ 1 + 4,80 \sqrt{\frac{D}{V_0}} \right\} \cdot 0,818 \sqrt{\frac{D}{V_0}}$

Hinsichtlich der Horizontalparabeln für das reduzierte rechteckige Profil fand Lavale, dass dieselben ihrer Natur nach von den Vertikalparabeln nicht verschieden sind, d. h. dass sie von dem Quotienten $\frac{W}{2C}$ ebenso abhängig sind, wie die Vertikalparabeln von $\frac{D}{V_0}$ (Textfigur 10.)



Also $V_0 = \frac{C}{\sqrt{\frac{W}{2}}} \cdot \sqrt{\frac{m}{W}}$

Die Ordnung m dieser Horizontalparabeln wurde gefunden zu

4) $m = 1 + 4,80 \sqrt{\frac{W}{2C}}$

Wird aber $\frac{W}{2C} < 2,50$, so ist

5) $m = \left\{ 1 + 4,80 \sqrt{\frac{W}{2C}} \right\} \cdot 0,818 \sqrt{\frac{W}{2C}}$

Die im rechteckigen Profile in der Flussmitte liegende grösste Oberflächengeschwindigkeit C berechnet Lavale aus der empirischen Formel:

6) $C = 23 \sqrt[36]{W^4 \cdot t^{17} \cdot J^{16}}$

Hierin bedeutet t die mittlere Flusstiefe = $\frac{F}{W}$.

Wegen der Einwirkung der Ufer auf die Grösse von C wird

7) $C = 23 \sqrt[36]{W^4 \cdot t^{17} \cdot J^{16}} \cdot 1,22 \sqrt{\left(\frac{t}{C}\right)^2}$ wenn $\frac{t}{C} < 0,40$

ist; dagegen wird

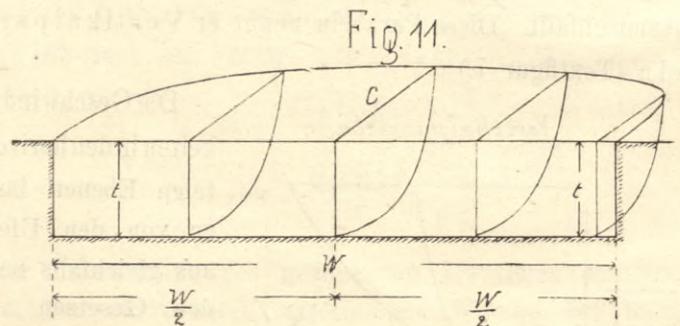
8) $C = 23 \sqrt[36]{W^4 \cdot t^{17} \cdot J^{16}} \cdot 0,95 \sqrt{\frac{W}{C}}$ wenn $\frac{W}{C} < 1$ ist.

Für den Fall, dass gleichzeitig $\frac{t}{C} < 40$ und $\frac{W}{C} < 1$ ist, so wird

9) $C = 23 \sqrt[36]{W^4 \cdot t^{17} \cdot J^{16}} \cdot 1,22 \sqrt{\left(\frac{t}{C}\right)^2} \cdot 0,95 \sqrt{\frac{W}{C}}$

Zur leichteren Bestimmung der Werthe von n und m aus den Gleichungen 2 und 3 bzw. 4 und 5 ist dem erwähnten Werke von Rapp eine Tabelle beigegeben, aus welcher diese Grössen für die einzelnen Werthe der Quotienten $\frac{D}{V_0}$ und $\frac{W}{2C}$ unmittelbar entnommen werden können.

„Der sekundliche Wasserkörper, welcher im Allgemeinen eine unregelmässige Form besitzt, wird nach Reduktion des Profiles in die rechteckige Form mit der Tiefe $t = \frac{F}{W}$ in zwei zur Flussmitte symmetrisch liegende Paraboloiden übergehen (Textfigur 11), deren Inhalt



unter der Annahme gleicher Ordnung sämtlicher Vertikalparabeln nach Lavale beträgt:

10) $Q = \frac{n}{n+1} \cdot \frac{m}{m+1} \cdot C F$, woraus die mittlere Geschwindigkeit im ganzen Profile abgeleitet wird zu

11) $v = \frac{n}{n+1} \cdot \frac{m}{m+1} \cdot C$

Die letzte Geschwindigkeitsformel wendet nun Lavale auch für das unregelmässige Profil an, da er gefunden hat, dass die grösste Oberflächengeschwindigkeit C im reduzierten rechteckigen Profile gegenüber der im natürlichen Flussquerprofile nur verschwindend geringe Abweichungen ergeben hatte.

Das Verfahren bei der Anwendung der Lavale'schen Formel ist nun folgendes:

Die grösste Oberflächengeschwindigkeit C wird aus den erhobenen Grössen W ; t und J mittelst der Gleichungen 7; 8 oder 9 berechnet; alsdann werden die Werthe von n und m mit Hilfe der Gleichungen 2 oder 3 bzw. 4 oder 5 bestimmt, wobei die oben erwähnte Tabelle im Werke von Rapp mit Vortheil benutzt werden kann.

Hiebei ist zu bemerken, dass nach Reduktion des natürlichen Flussquerprofiles in ein solches von rechteckiger Form der in Gleichung 2 und 3 vorkommende Quotient $\frac{D}{V_0}$ den Grenzwert $\frac{t}{C}$ annimmt und die beiden Gleichungen dann die Form erhalten:

$$2) \quad n = 1 + 4,80 \sqrt[12]{\frac{t}{C}}$$

$$\text{und } 3) \quad n = \left\{ 1 + 4,80 \sqrt[12]{\frac{t}{C}} \right\} \cdot 0,818 \sqrt[4]{\frac{t}{C}} \text{ für } \frac{t}{C} < 2,50.$$

Die solcherweise gefundenen Werthe von C ; n und m geben nach Gleichung 11 die gesuchte Grösse der mittleren Profilgeschwindigkeit v für das natürliche Flussprofil.

Auf diese Weise sind aus 25 Messungen die einzelnen Werthe für v berechnet und in Tabelle VIII auf Seite 18 des Anhanges zum Vergleiche mit den Messungsergebnissen übersichtlich zusammengestellt worden. Hieraus ergibt sich als kleinste Abweichung der berechneten mittleren Profilgeschwindigkeit von der gemessenen = 1,3% und als grösste = 21,5%. In 11 Fällen bleibt die Abweichung unter 5% und in 14 Fällen wird diese Grenze überschritten. Das Mittel der Abweichungen aus sämtlichen 25 Messungen beträgt 7,5%, aus den vorliegenden 12 Messungen dagegen 7,7%.

Mit Hilfe der Lavale'schen Methode lassen sich aber nicht allein die grösste Oberflächengeschwindigkeit, die mittlere Profilgeschwindigkeit und die Wassermenge, sondern auch die Vertikalgeschwindigkeitscurven an jeder beliebigen Stelle, mit anderen Worten: jede Geschwindigkeit an einem beliebigen Punkte des Querprofiles eines natürlichen Flusslaufes aus einer einzigen Grösse, nämlich der berechneten oder der gemessenen grössten Oberflächengeschwindigkeit C berechnen, und es ergeben diese Rechnungsergebnisse gegenüber den wirklichen Geschwindigkeits-

grössen besonders in jenen Fällen sehr geringe und praktisch zu vernachlässigende Abweichungen, wo das Flussprofil eine regelmässige, von Kiesablagerungen oder Uferbermen wenig beeinflusste Gestaltung zeigt, also überall da, wo die einzelnen natürlichen Flusstiefen des Abflussprofiles nicht viel von einander abweichen.

Der Rechnungsgang ist nach Lavale folgender:

1) Aus Formel 6 wird die grösste Oberflächengeschwindigkeit C berechnet.

2) Mit diesen gefundenen Werthe C werden die beiden Horizontalparabeln d. h. die Oberflächengeschwindigkeiten in den einzelnen Vertikalen des reduzierten, rechteckigen Profiles bestimmt aus der Formel:

$$12) \quad v = C \sqrt[2]{\frac{W_1}{W}}, \text{ wobei } m \text{ aus Gleichung 4 bzw. 5}$$

sich ergibt.

3) Für unregelmässige d. i. das natürliche Flussquerprofil bilden die Oberflächengeschwindigkeiten keine Parabeln mehr, sondern eine Curve, welche dem Abflussprofil ähnlich gestaltet ist. Lavale leitet nun die Oberflächengeschwindigkeiten des unregelmässigen aus denen des reduzierten rechteckigen Profiles mit folgender Reduktionsformel ab:

$$13) \quad v = v_0 \sqrt[3]{\frac{D}{t}}, \text{ worin } D \text{ die natürliche Wassertiefe}$$

in der untersuchten Vertikalen und t die Tiefe des rechteckigen Profils $t = \frac{F}{W}$ bedeutet.

4) Mit Hilfe dieses Werthes von v wird nach Gleichung 1 die Vertikalparabel für das natürliche Flussprofil berechnet: $v_1 = v \sqrt[2]{\frac{D_1}{D}}$, nachdem die Parabelordnung n aus der Gleichung 2 bzw. 3 ermittelt worden ist.

Unter Anwendung des beschriebenen Rechnungsverfahrens wurden die einzelnen Vertikalparabeln sämtlicher 12 Messungen berechnet und zum übersichtlichen Vergleiche mit den direkten Messungsergebnissen in Tabelle III Seite 3—13 des Anhanges zusammengetragen.

§ 2. Kurzer Ueberblick über die erhaltenen Rechnungsergebnisse.

Soweit aus den vorliegenden 12 Messungen auf den Genauigkeitsgrad der untersuchten Geschwindigkeitsformeln geschlossen werden kann, ist dies mit Hilfe der Tabelle VII auf Seite 16 u. 17 des Anhanges ermöglicht, woselbst die Abweichungen der Formelergbnisse in Prozenten der gemessenen Geschwindigkeiten vergleichsweise zusammengestellt sind.

Die Mittel dieser Abweichungen ohne Rücksicht der

Vorzeichen sind in der folgenden Tabelle verzeichnet und geben gleichzeitig die Reihenfolge der Formeln angeordnet nach dem Grade der Genauigkeit ihrer Ergebnisse.

Tabelle der Abweichungen der Formelergebnisse.

Formeln von	Geringste	Grösste	Arithmetisches Mittel der		Arithm. Mittel aller	Bemerkung
	Abweichungen ohne Rücksicht auf das Vorzeichen	Abweichungen ohne Rücksicht auf das Vorzeichen	negat. Abweichungen	posit. Abweichungen	Abweichungen ohne Rücksicht auf das Vorzeichen	
1 Kutter neu	0,5	6,2	2,7	3,1	3,0 rund	Stämmliche Angaben sind in Prozenten der gemessenen Geschwindigkeiten ausgedrückt. — Die Angaben für Kutter beziehen sich nur auf 8 der vorliegenden Messungen.
2 Lavale	1,3	21,5	7,0	8,5	7,7	
3 Darcy-Bazin	1,3	20,6	9,1	9,8	9,5	
4 Harder	1,0	38,2	5,1	17,1	14,0	
5 Gauckler	5,2	34,8	20,0	—	20,0	
6 Prony	0,02	55,5	—	23,4	23,4	
7 Eytelwein	0,02	57,0	—	24,0	24,0	
8 De St. Venant	2,0	58,0	—	25,0	25,0	
9 Humphreys- Abbot	16,6	33,7	25,8	—	25,8	
10 Bornemann	3,0	91,3	16,3	39,3	25,9	
11 Grebenau	25,6	40,2	27,0	—	27,0	
12 Hagen	23,0	48,6	35,0	—	35,0	
13 Lahmeyer	11,2	74,0	—	42,5	42,5	

Reduzirt man die mittlere Abweichung der Kutter'schen Formel auf 1, so lässt sich der Genauigkeitswerth der übrigen Formeln durch folgende Zahlen ausdrücken:

Kutter 1; Lavale 2,6; Darcy 3,2; Harder 4,6; Gauckler 6,6; Prony 7,8; Eytelwein 8,0; De St. Venant 8,3; Humphreys und Abbot 8,6; Bornemann 8,7; Grebenau 9,0; Hagen 11,6; Lahmeyer 14,2.

Aus den vorliegenden Messungen können daher nachstehende Schlussfolgerungen gezogen werden:

1) Von allen bisher aufgestellten Geschwindigkeitsformeln weicht die Kutter'sche am wenigsten von den Ergebnissen genauer Messungen ab, ist daher die brauchbarste.

2) Nach dem Grade ihrer Genauigkeit folgen dann die Formeln von Lavale, Darcy und Harder, womit die Zahl der für die Anwendung auf Flüsse ähnlichen Charakters empfehlenswerthen Formeln ihren Abschluss findet. —

Fünfter Abschnitt.

Schlussbetrachtungen.

§ 1) Geschiebebewegung und Sohlengeschwindigkeiten.

Die Eigenschaft der Flüsse, je nach der Höhe ihres Wasserstandes ihre Sohle anzugreifen und zu verändern, tritt in erhöhtem Maasse bei den Gebirgsflüssen auf. Die Ursache dieser Erscheinung liegt einerseits in dem ungleich stärkeren Gefälle dieser Flüsse und andererseits in der

bedeutenden Menge grosser Geschiebe, die sich besonders bei mittleren und niedrigen Wasserständen nicht geradlinig, sondern in spiralförmigen Linien, in Serpentinien nach abwärts vorschieben.

Dieser eigenartige Charakter in der Geschiebebewegung lässt sich bei allen Gebirgsflüssen beobachten und ist in dem Umstande begründet, dass jene grossen Geschiebe in ihrem Bestreben, auf der Flusssohle sich abzulagern, den gegen sie stossenden Wasserfäden zur seitlichen Ausweichung Veranlassung geben und dadurch die Seitenströmung einleiten. Unmittelbar hinter dem grösseren Geschiebe macht sich in Folge der oberen Bewegungshemmung eine vermehrte Geschwindigkeit und ein gesteigerter Angriff gegen die Sohle geltend, welcher seinerseits dem die Störung veranlassenden einzelnen Geschiebe den Weg nach abwärts bahnt. Mit der Grösse derselben wächst daher das Bestreben zur seitlichen Ablenkung des Stromstriches und dies mit umso grösserem Erfolge, je weniger die jeweilige Wassermasse überwiegt. Aus diesem Grunde treten die Stromstrichserpentinirungen an Gebirgsflüssen bei niedrigeren Wasserständen mit erhöhter Wirkung auf.

Bei höheren Wasserständen findet die Geschiebebewegung in einer zum Flusslaufe mehr parallelen Richtung desshalb statt, weil die seitliche Ablenkung der unteren Wasserfäden unter dem Einflusse des bedeutenderen hydraulischen Druckes wieder aufgehoben wird.

In beiden Fällen ist jedoch die Geschiebebewegung stets eine unmittelbare Folge der in der untersten Wasserschicht herrschenden Geschwindigkeit der einzelnen Wasserfäden; ja es wird sogar in dem bewegten Theile der obersten Schicht der Flusssohle eine relativ grössere Geschwindigkeit des eingedrungenen Wassers gegenüber dem mitgerissenen Geschiebe auftreten müssen.

Unter diesen Gesichtspunkten erscheint es daher gerechtfertigt, den Sohlengeschwindigkeiten in den einzelnen Vertikalen, wie in den graphischen Darstellungen der Messungsergebnisse geschehen, einen bestimmten vom Verlaufe des übrigen Curventheiles abhängigen Werth zu geben und nicht die Bedeutung Null beizumessen.

Wenn also die Sohlengeschwindigkeit eine gewisse Grenze überschreitet, kommt der Flussgrund in Bewegung.

In diesem Falle würde es der Wirklichkeit entsprechen, in den Vertikalparabeln die Geschwindigkeit an der Flusssohle bis zu jener Tiefe im Flussgrunde, in welcher keine Bewegung mehr stattfindet, auf den Werth Null verlaufen zu lassen, und von dem hienach unter der Flusssohle liegenden Curvenstücke eine dem Hohlraume der Geschiebe entsprechende Fläche für die Berechnung der gemeinschaftlich mit ihnen sich bewegenden Wassermasse in Betracht zu ziehen.

Da indessen die Ermittlung dieser Tiefen praktischen

Schwierigkeiten begegnet, so wird es sich empfehlen, wie bei den vorliegenden Messungen, die in der beweglichen Sohle eingeschlossene, im Verhältniss zum Ganzen verschwindend kleine Wassermenge von der Berechnung auszuschliessen.

Solange es nicht möglich ist, die Dicke der beweglichen Schichte zuverlässig zu bestimmen, dürfte es sonach umso weniger gerechtfertigt erscheinen, mit von Wagner und Lavale die Geschwindigkeit an der Flusssohle unter allen Umständen gleich Null anzunehmen, als ja die tatsächliche Veränderlichkeit aller Flussläufe in der Hauptsache durch die ungenügende Widerstandsfähigkeit der Flusssohle gegen die Angriffe des Wassers bedingt erscheint.

§ 2. Beziehungen der an den verschiedenen Profilverpunkten auftretenden Geschwindigkeiten zu einander.

Als von besonderer Wichtigkeit wurden die Verhältnisse der mittleren Geschwindigkeiten zu den Oberflächengeschwindigkeiten in den einzelnen Profilvertikalen für jede der 12 Messungen berechnet und in die Tabelle IX auf Seite 19 des Anhanges aufgenommen. Als Mittelwerth für sämtliche 118 Vertikale ergibt sich hiebei

$$\frac{V_m}{V_o} = 0,850.$$

Uebrigens schwanken die einzelnen Werthe zwischen beträchtlichen Grenzen, deren obere bei 1,16 und deren untere bei 0,60 (beide bei Messung Nr. 9 am Lech) gelegen ist. Es lässt sich daher auf eine geringe Beständigkeit dieses Verhältnisses $\frac{V_m}{V_o}$ schliessen.

Die Mittelwerthe der einzelnen Messungen zeigen bedeutend geringere Abweichungen, wobei der Lech das Minimum mit 0,809 und der Inn das Maximum mit 0,908 liefert.

Ferner sind in Tabelle Nr. X auf Seite 20 des Anhanges die Verhältnisse der Tiefe der mittleren Geschwindigkeit zur Gesammttiefe in den einzelnen Profilvertikalen zusammengestellt. Hiebei ergab sich als Mittelwerth aus den 118 Vertikalgeschwindigkeitscurven

$$\frac{d_m}{D} = 0,590.$$

Die Grenzen, innerhalb welcher sich die einzelnen Werthe bewegen, liegen hier bei 0,500 (Messung Nr. 2 am Inn) und bei 0,816 (Messung Nr. 5 an der Donau) und weichen nicht so bedeutend von einander ab. Immerhin lässt sich auch hier von einer grossen Beständigkeit des Quotienten $\frac{d_m}{D}$ noch nicht sprechen.

Zur Vervollständigkeit der vergleichenden Uebersicht wurden schliesslich die Verhältnisse der verschiedenen Geschwindigkeiten mit Rücksicht auf das ganze Profil

ermittelt und in die Tabelle Nr. XI auf Seite 21 des Anhanges einverleibt.

Bezüglich des wegen seiner praktischen Verwerthung wichtigsten Verhältnisses $\frac{v}{C}$, der mittleren Profilgeschwindigkeit zur grössten Oberflächengeschwindigkeit, finden die von Wagner *) aufgestellten Sätze auch hier ihre Bestätigung, wonach dieses Verhältniss mit der Grösse der Flüsse und der Höhe der Wasserstände zunimmt. Die von ihm angegebene empirische Gleichung

$$v = 0,67 C + 0,027 C^2$$

wurde sowohl an den vorliegenden, als an 18 weiteren Messungen geprüft und das Ergebniss in Tabelle XII auf Seite 22 des Anhanges übersichtlich zusammengestellt. Die mittlere Abweichung aus den untersuchten 30 Messungen beläuft sich hiebei ohne Rücksicht auf das Vorzeichen auf 7,3%.

Dieses Verfahren zur Bestimmung der mittleren Profilgeschwindigkeit übertrifft also die Genauigkeit der Darcy-Bazin'schen, so der Lavale'schen Formel, ist daher zur Ermittlung angenäherter Werthe wohl geeignet.

§ 3. Werth der Schwimmermessungen.

So sorgfältig und gewissenhaft diese Versuche auch ausgeführt worden sind, so lässt sich doch nicht verkennen, dass sie unter den Einflüssen äusserer Einwirkungen nicht unerheblichen Störungen unterworfen waren.

In erster Linie wurde die Geschwindigkeit der Schwimmer durch die meist herrschenden Winde wesentlich beeinträchtigt, und dann schlugen die Schwimmer unter dem fortgesetzten Einflusse von Wellen und Wirbeln keine unter sich parallelen Richtungen ein, sondern legten in der unregelmässigsten Weise ihre Wege gegenseitig durchkreuzend verschiedene Längen zurück.

Auf diese Art lässt sich erklären, dass die Geschwindigkeiten der einzelnen im gleichen Punkte des Messungsprofils durchgelaufenen Schwimmer so sehr gegenseitig abweichen und in ihrer Gesammtheit eine Regelmässigkeit je nach der grösseren oder geringeren Entfernung vom Stromstrich nicht erkennen lassen.

Die meist aus mehreren Schwimmerwegen gemittelten Durchflusszeiten ergaben daher graphisch dargestellt einen sehr unregelmässigen Linienzug für die Oberflächengeschwindigkeiten, welche von denen mit dem Flügel ermittelten, wie die folgende Tabelle der angestellten 8 Schwimmermessungen ausweist, mitunter beträchtlich abweichen.

*) Anmerkung: Vergl. Hydrologische Untersuchungen an der Weser, Elbe und dem Rhein, von Joh. von Wagner, Braunschweig 1881.

Nr.	Messung	Grösste Oberflächen- geschwindigkeit gefunden durch		Differenz in Prozenten der Flügel- messung	Bemerkungen
		Schwim- mer	Flügel		
1	Inn b. Reisach	2,20	2,12	+ 3,7	Heftiger Südwind Flussrichtung
2	" " "	2,86	2,89	- 0,7	Mässiger Wind do.
3	" " "	3,14	2,85	+ 10,8	Mässiger Südwind do.
4	Donau ober- halb Donau- wörth	1,84	1,78	+ 3,2	Westwind do.
5	Isar b. Münch.	1,76	1,63	+ 8,0	Schwacher Wind
6	Lech bei Kau- fering	1,94	1,82	+ 6,6	Schwacher Südwind
7	do.	2,02	1,95	+ 3,5	Westwind
8	do.	2,46	2,78	- 11,5	Schw. Nordwind
Mittelwerth ohne Rücksicht auf das Vorzeichen =				6,0%	

Die Tabelle ergibt sonach eine mittlere Abweichung von 6% für die grössten Oberflächengeschwindigkeiten.

Wird demnach die Wagner'sche Geschwindigkeitsformel mit den durch Schwimmer gefundenen grössten Oberflächengeschwindigkeiten untersucht, so erhält man als berechnete mittlere Geschwindigkeiten für die Reihenfolge der nebigen Tabelle :

$$v = 1,606 m; 2,138 m; 2,386 m; 1,325 m; 1,264 m; 1,401 m; 1,463 m \text{ und } 1,811 m.$$

Die prozentualen Abweichungen von den gemessenen Geschwindigkeiten betragen daher + 9,5%; + 1,0%; + 2,5%; - 0,02%; + 6,8%; + 33,8%; + 15,5% u. - 8,5%.

Die mittlere Genauigkeit der Wagner'schen Formeln würde sich demnach aus diesen 8 Schwimmerversuchen zu 9,7% ergeben.

Tabelle II.

Mittlere Pegelstände, Zeitdauer, Witterungsverhältnisse während der Messung.

Nummer der Messung	Datum und Ort der Messung	Zeitdauer der Messung		Mittlerer Pegelstand	Wasserstand während der Messung	Wetter	Wind	Bemerkungen über die Art der Messung
		Von	Bis					
		Std. Mt.	Std. Mt.	m	m			
A. Inn.								
1	Reisach, 27. Nov. 1878	9.30 Vorm.	1.25 Nachm.	+0,03	constant	schön	starker Südwind (Flussrichtung)	Flügel Nr. 1 von Amsler in Schaffhausen. Flügel an einer Eisenstange und mit electr. Signalapparat in Verbindung gebracht.
2	Reisach, 10. Aug. 1878	2.30 Nachm.	7.— Abends	+1,12	0,05 m gef.	schön	mässiger Wind	Derselbe Flügel wie oben, jedoch am Draht und mittels Haspels gesenkt und gehoben. — Electr. Läutapparat in Verbindung mit dem Flügel.
3	Reisach, 2. Sept. 1878	1.30 Nachm.	6.— Abends	+1,63	0,09 m gef.	regnerisch	Südwind	Derselbe Flügel wie vorhin verwendet.
B. Donau.								
4	Donauwörth, 18. Aug. 1879	9.30 Vorm.	3.— Nachm.	+0,93	—	regnerisch	Westwind Flussrichtung	Derselbe Flügel wie oben an einer Eisenstange.
5	Donauwörth, 6. Aug. 1879	9.— Vorm.	3.— Nachm.	+0,98	0,03 m gest.	Gewitterregen	Westwind Flussrichtung	Desgl.
6	Neuburg, 3. Aug. 1879	10.— Vorm.	3.30 Nachm.	+0,59	0,02 m gef.	schön	Leichter Ostwind	Derselbe Flügel wie oben an einer Eisenstange.
7	Ingolstadt, 3. Apr. 1879	8.— Vorm.	12.— Vorm.	+0,42	0,04 m gest.	trüb und regnerisch	mässiger Wind	Desgl.
C. Isar.								
8	München, 14. Jan. 1879	10.— Vorm.	1.20 Nachm.	—2,77	constant	schön	windstill	Nach Amsler verbesserter Flügel Nr. 12 von Ott und Coradi in Kempten. Flügel an der Eisenstange ohne electr. Signalapparat.
D. Lech.								
9	Kaufering, 23. Nov. 1878	9.30 Vorm.	2.45 Nachm.	—0,69	0,002 m gef.	schön	schwacher Südwind	Desgl. wie vor.
10	Kaufering, 19. Oktbr. 1878	10.— Vorm.	1.30 Nachm.	—0,52	0,005 m gef.	regnerisch	Westwind	do.
11	Kaufering, 10. Septbr. 1878	10.— Vorm.	3.— Nachm.	+0,07	0,09 m gef.	schön	schwacher Nordwind	do. jedoch Flügel Nr. 11.
12	Schwabstadel, 12. Okt. 1880	8.— Vorm.	2.30 Nachm.	+0,16	constant	nebelig	leichter Südwind	Flügel Nr. 11. Sonst wie unter Nr. 8, 9 10 und 11.

Tabelle III.

Direkte Erhebungen der einzelnen Messungen. Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen in den einzelnen Profilvertikalen.

A. Inn.

1) Messung bei Reisach am 27. November 1878.

Nr. der Verticalen	Entfernung vom Fixp.	Tiefe des Flügels unter Wasser	Geschw. des Wassers in 1 Secunde	Gesamttiefe der Verticalen: D	Quadratinhalt der Verticalgeschwindigkeitsflächen	Mittlere Geschwindigkeit der Verticalen: V_m	Nach Laval berechnete Geschw. u. zwar		Bemerkungen
							in den einzelnen Punkten der Verticalen	Oberflächengeschwindigkeit V_0 und mittlere Geschwindigkeit V_m	
	m	m	m	m	qm	m	m	m	
I.	15	0,10	1,493	1,35	1,568	1,161	1,58	1,61	Constante des Flügels $\alpha = 0,23706$ $v = \alpha n$
		0,40	1,379				1,48	(1,49)	
		0,80	1,145				1,32		
		1,20	0,720				0,98	1,31	
II.	25	0,10	1,927	1,47	2,224	1,513	1,89	1,92	Die in der letzten Rubrik eingeklammerten Zahlen bedeuten die aus den Messungen abgeleiteten Oberflächengeschwindigkeiten V_0 .
		0,30	1,808				1,82	(1,88)	
		0,70	1,668				1,66		
		1,10	1,228				1,40	1,56	
		1,30	0,967				1,17		
III.	35	0,10	2,135	1,57	2,765	1,763	2,08	2,11	
		0,30	2,097				2,01	(2,12)	
		0,70	1,837				1,84		
		1,10	1,704				1,59	1,71	
		1,40	1,038				1,26		
IV.	45	0,10	2,135	1,56	2,672	1,713	2,17	2,20	
		0,30	2,043				2,09	(2,11)	
		0,70	1,896				1,92		
		1,10	1,519				1,65	1,78	
		1,40	1,111				1,29		
V.	55	0,10	1,958	1,63	2,477	1,520	2,28	2,32	
		0,20	1,943				2,25	(1,97)	
		0,30	1,882				2,21		
		0,70	1,730				2,03		
		1,10	1,403				1,78	1,87	
		1,40	1,083				1,46		
VI.	70	0,10	1,882	1,25	1,830	1,464	2,12	2,17	
		0,20	1,837				2,07	(1,90)	
		0,30	1,756				2,01		
		0,70	1,420				1,75	1,72	
		1,10	1,033				1,23		
VII.	85	0,10	1,612	1,05	1,427	1,359	1,96	1,97	
		0,20	1,510				1,90	(1,58)	
		0,30	1,500				1,85		
		0,50	1,462				1,71	1,56	
		0,90	1,012				1,22		
VIII.	100	0,10	1,500	0,90	1,180	1,311	1,69	1,74	
		0,20	1,481				1,63	(1,52)	
		0,30	1,446				1,56		
		0,50	1,308				1,40	1,38	
		0,75	1,102				1,09		
IX.	115	0,10	1,865	1,38	2,096	1,519	1,71	1,74	
		0,20	1,794				1,68	(1,85)	
		0,30	1,756				1,64		
		0,70	1,590				1,48	1,42	
		1,10	1,220				1,21		
		1,20	1,156				1,09		
X.	117,5	0,10	1,808	1,36	2,122	1,560	1,63	1,66	
		0,20	1,768				1,60	(1,84)	
		0,30	1,756				1,57		
		0,50	1,692				1,50	1,34	
		0,90	1,462				1,30		
		1,20	1,275				1,03		

2) Messung bei Reisach am 10. August 1878.

Nr. der Verticalen	Entfernung vom Fixp.	Am Haspel abgelesene Tiefe unter Wasser	Winkel des Drahtes mit der Verticalen	Tiefe des Flügels unter Wasser	Geschw. des Wassers in 1 Secunde	Gesamttiefe der Verticalen: D	Quadrat-inhalt der Verticalgeschwindigkeitsflächen	Mittlere Geschwindigkeit der Verticalen: V_m	Tiefe der mittleren Geschw. in der Verticalen: d_m	Nach Laval berechnete Geschw. u. zwar		Bemerkungen.
										in den einzelnen Punkten der Verticalen	Oberflächen-geschw. V_o u. mittlere Geschw. V_m	
	m	m	Grade	m	m	m	qm	m	m	m	m	
I.	10	0,10	3°	0,10	1,209	0,95	1,048	1,103	0,66	1,45	1,49	Constante des Flügels: $\alpha = 0,23706$
		0,30	4°	0,30	1,173					1,36	(1,21)	
		0,50	4°	0,50	1,166					1,24	1,19	
II.	15	0,10	6°	0,10	1,910	2,55	3,960	1,552	1,60	2,28	2,30	$v = \alpha n$
		0,30	8°	0,30	1,991					2,25	(1,88)	
		0,50	7°	0,50	1,910					2,20		
		0,70	7,5°	0,70	1,868					2,16	1,91	
		1,11	8°	1,10	1,868					2,05		
		1,50	6°	1,50	1,590					1,92		
		1,91	7°	1,90	1,403					1,74		
III.	20	0,10	8°	0,10	2,235	2,55	4,817	1,891	1,59	2,37	2,39	
		0,20	9°	0,20	2,235					2,35	(2,24)	
		0,40	9°	0,40	2,214					2,31		
		0,80	10°	0,79	2,195					2,21	1,98	
		1,20	11°	1,18	2,097					2,10		
		1,60	10°	1,56	1,943					1,97		
		2,00	12°	1,96	1,635					1,77		
IV.	25	0,10	10°	0,10	2,443	2,60	5,289	2,033	1,66	2,51	2,57	
		0,30	12°	0,30	2,370					2,50	(2,44)	
		0,50	12°	0,50	2,346					2,46		
		0,80	13°	0,78	2,346					2,39	2,12	
		1,20	14,5°	1,16	2,301					2,27		
		1,60	15°	1,55	2,116					2,18		
		2,00	13°	1,95	1,825					1,92		
V.	30	0,10	11°	0,10	2,576	2,65	5,715	2,160	1,65	2,65	2,68	
		0,30	12°	0,30	2,496					2,60	(2,58)	
		0,50	11°	0,50	2,470					2,56		
		0,90	12°	0,88	2,470					2,46	2,21	
		1,30	13°	1,27	2,323					2,33		
		1,70	14°	1,65	2,323					2,18		
		2,10	14°	2,04	1,910					1,87		
VI.	40	0,10	11°	0,10	2,789	2,65	6,328	2,388	1,55	2,79	2,81	
		0,30	11°	0,30	2,726					2,74	(2,79)	
		0,60	12°	0,60	2,692					2,66		
		1,00	12°	0,98	2,576					2,54	2,31	
		1,40	14°	1,36	2,522					2,41		
		1,80	14°	1,75	2,322					2,23		
		2,20	15°	2,13	2,154					1,98		
VII.	50	0,10	12°	0,10	2,891	2,75	6,627	2,410	1,52	2,93	2,95	
		0,30	15°	0,30	2,820					2,88	(2,89)	
		0,60	14°	0,60	2,662					2,80		
		1,00	13°	0,98	2,576					2,69	2,43	
		1,40	12°	1,36	2,470					2,55		
		1,80	14°	1,75	2,323					2,38		
		2,20	15°	2,13	2,195					2,15		
VIII.	60	0,10	13°	0,10	2,726	2,55	5,888	2,309	1,50	2,93	2,95	
		0,40	14°	0,40	2,631					2,85	(2,73)	
		0,90	16°	0,88	2,496					2,69		
		1,30	15°	1,27	2,443					2,54	2,42	
		1,70	15°	1,64	2,195					2,41		
		2,10	16°	2,02	2,154					2,09		
IX.	70	0,10	12°	0,10	2,662	2,45	5,552	2,265	1,46	2,89	2,92	
		0,30	12°	0,30	2,633					2,84	(2,66)	
		0,70	14°	0,68	2,576					2,72		
		1,10	13°	1,07	2,370					2,57	2,39	
		1,50	14°	1,46	2,346					2,34		
		1,90	15°	1,85	2,043					2,14		
X.	80	0,10	10°	0,10	2,522	2,15	4,725	2,199	1,38	2,69	2,72	
		0,30	11°	0,30	2,496					2,63	(2,52)	
		0,50	12°	0,50	2,496					2,56		
		0,90	13°	0,88	2,496					2,44	2,22	
		1,30	13°	1,26	2,301					2,23		
		1,70	14°	1,65	2,024					1,95		
XI.	90	0,10	10°	0,10	2,375	2,10	4,390	2,090	1,26	2,57	2,61	
		0,30	10°	0,30	2,375					2,51	(2,35)	
		0,70	11°	0,69	2,301					2,37		
		1,10	12°	1,08	2,256					2,20	2,13	
		1,50	12°	1,47	1,943					1,98		
XII.	100	0,10	10°	0,10	2,346	2,15	4,354	2,022	1,18	2,48	2,51	
		0,30	11°	0,30	2,370					2,43	(2,34)	
		0,50	12°	0,50	2,375					2,37		
		0,80	10°	0,79	2,278					2,27	2,05	
		1,20	12°	1,18	1,991					2,11		
		1,60	13°	1,56	1,851					1,89		

Nr. der Verticalen	Entfernung vom Fixp.	Am Haspel abgelesene Tiefe unter Wasser	Winkel des Drahtes mit der Verticalen	Tiefe des Flügels unter Wasser	Geschw. des Wassers in 1 Secunde	Gesamttiefe der Verticalen : D	Quadrat-inhalt der Verticalgeschwindigkeitsflächen	Mittlere Geschw. der Verticalen V_m	Tiefe der mittleren Geschw. in der Verticalen : d_m	Nach Laval berechnete Geschw. u. zwar		Bemerkungen
										in den einzelnen Punkten der Verticalen	Oberflächen-geschw. V_o u. mittlere Geschw. V_m	
	m	m	Grade	m	m	m	qm	m	m	m	m	
XIII.	110	0,10	11°	0,10	2,548	2,35	5,182	2,207	1,30	2,38	2,40	
		0,30	12°	0,30	2,470					2,33	(2,55)	
		0,60	13°	0,58	2,470					2,26		
		1,00	14°	0,97	2,346					2,14	1,94	
		1,40	12°	1,37	2,278					2,00		
		1,80	14°	1,75	1,927					1,80		
XIV.	120	0,10	9°	0,10	2,043	2,45	4,742	1,934	1,56	2,10	2,12	
		0,30	10°	0,30	2,173					2,00	(1,98)	
		0,70	11°	0,70	2,214					1,98		
		1,10	12°	1,08	2,154					1,88	1,76	
		1,50	13°	1,46	1,910					1,76		
		1,90	12°	1,86	1,782					1,60		
XV.	125	—	—	0,10	0,991	0,50	0,426	0,852	0,25	0,84	0,84	Hier war der Flügel an der Stange befestigt, jedoch nicht mit dem electr. Lätwerk in Verbindung.
		—	—	0,25	0,860					0,66	(0,99)	
		—	—	0,40	0,775					0,45	0,71	
3) Messung bei Reisach am 2. September 1878.												
I.	20	0,20	9°	0,20	2,370	3,06	6,352	2,076	1,76	2,60	2,63	Constante des Flügels: $a = 0,23706$ $v = an$
		0,60	10°	0,59	2,335					2,52	(2,37)	
		1,10	12°	1,08	2,312					2,41		
		1,60	13°	1,56	2,088					2,28		
		2,10	10°	2,07	1,991					2,10	2,19	
		2,60	12°	2,54	1,723					1,84		
II.	30	0,20	12°	0,20	2,604	3,26	7,587	2,324	1,95	2,85	2,89	
		0,50	12°	0,50	2,604					2,79	(2,60)	
		0,80	12°	0,79	2,534					2,73		
		1,30	11°	1,28	2,508					2,61		
		1,80	12°	1,77	2,382					2,46		
		2,30	13°	2,24	2,154					2,28	2,40	
III.	40	0,20	14°	0,20	2,788	3,21	8,104	2,524	1,86	2,99	3,03	
		0,50	13°	0,49	2,788					2,93	(2,80)	
		0,80	14°	0,77	2,724					2,86		
		1,30	19°	1,23	2,618					2,74		
		1,80	15°	1,74	2,562					2,57	2,51	
		2,30	16°	2,21	2,443					2,38		
IV.	50	0,30	18°	0,29	2,890	3,31	8,548	2,582	1,95	3,09	3,16	
		0,50	15°	0,48	2,872					3,05	(2,85)	
		0,90	18°	0,86	2,838					2,96		
		1,40	20°	1,32	2,772					2,84		
		1,90	18°	1,81	2,576					2,68		
		2,40	15°	2,32	2,482					2,45	2,61	
V.	65	0,20	12°	0,20	2,821	3,11	7,840	2,521	1,79	3,17	3,22	
		0,50	13°	0,49	2,821					3,10	(2,80)	
		1,00	13°	0,97	2,708					2,97		
		1,50	15°	1,45	2,633					2,83		
		2,00	16°	1,92	2,562					2,62	2,65	
		2,50	13°	2,43	2,097					2,27		
VI.	80	0,20	15°	0,20	2,604	2,81	6,648	2,362	1,45	2,96	3,01	
		0,70	14°	0,68	2,494					2,83	(2,61)	
		1,20	15°	1,16	2,406					2,68		
		1,70	15°	1,64	2,301					2,49	2,47	
		2,20	14°	2,13	2,194					2,21		
VII.	95	0,20	12°	0,20	2,576	2,71	6,144	2,264	1,53	2,77	2,81	
		0,60	13°	0,58	2,494					2,67	(2,61)	
		1,10	14°	1,07	2,370					2,53		
		1,60	15°	1,55	2,267					2,36	2,30	
		2,10	17°	2,01	1,958					2,11		
VIII.	105	0,20	11°	0,20	2,468	2,66	6,056	2,276	1,57	2,60	2,65	
		0,60	13°	0,58	2,468					2,57	(2,44)	
		1,10	13°	1,07	2,443					2,38		
		1,60	14°	1,56	2,225					2,20	2,09	
		2,10	14°	2,04	2,043					1,95		
IX.	115	0,20	11°	0,20	2,456	2,91	6,312	2,167	1,74	2,47	2,50	
		0,50	12°	0,49	2,456					2,41	(2,44)	
		1,00	12°	0,98	2,382					2,31		
		1,50	13°	1,47	2,279					2,16	2,08	
		2,00	13°	1,95	2,069					2,00		
X.	120	0,20	9°	0,20	1,174	3,01	6,320	2,099	1,97	2,17	2,32	
		0,50	10°	0,49	2,236					2,24	(2,08)	
		0,90	11°	0,88	2,323					2,32		
		1,40	11°	1,37	2,225					2,23		
		1,90	12°	1,86	2,144					2,14	1,94	
		2,40	13°	2,34	1,942					1,94		

B. Donau.

4) Messung oberhalb Donauwörth am 18. August 1879.

Nr. der Verticalen	Entfernung vom Fixp.	Tiefe des Flügels unter Wasser	Geschw. des Wassers in einer Secunde	Gesamttiefe der Verticalen: D	Quadratinhalt der Vertikalgeschwindigkeitsflächen	Mittlere Geschw. der Verticalen: V_m	Tiefe der mittleren Geschw. der Verticalen: d_m	Nach Lavale berechnete Geschw. u. zwar		Bemerkungen
								in den einzelnen Punkten der Verticalen	Oberflächen-geschw. V_o u. mittlere Geschw. V_m	
	m	m	m	m	qm	m	m	m	m	
I.	4	0,10	0,926	0,93	0,655	0,704	0,55	1,04	1,06	Constante des Flügels: $\alpha = 0,23706$ $v = \alpha n$
		0,30	0,840					0,98	(0,96)	
		0,60	0,668					0,84		
		0,78	0,534					0,68	0,86	
II.	8	0,10	1,454	1,40	1,672	1,194	0,81	1,33	1,35	
		0,30	1,386					1,28	(1,48)	
		0,60	1,288					1,20		
		1,00	1,082					0,99	1,12	
		1,25	0,931					0,86		
III.	12	0,10	1,693	1,64	2,285	1,393	0,95	1,49	1,50	
		0,30	1,623					1,44	(1,70)	
		0,60	1,570					1,37		
		1,00	1,370					1,25		
		1,40	1,087					1,02	1,25	
		1,49	1,030					0,93		
IV.	18	0,10	1,713	1,61	2,407	1,495	1,03	1,55	1,57	
		0,30	1,713					1,50	(1,70)	
		0,60	1,669					1,42		
		1,00	1,481					1,27		
		1,40	1,254					1,00	1,29	
		1,46	1,113					0,93		
V.	26	0,10	1,796	1,56	2,414	1,547	0,95	1,59	1,63	
		0,30	1,782					1,54	(1,70)	
		0,60	1,705					1,45		
		1,00	1,559					1,28		
		1,41	1,077					1,03	1,34	
VI.	32	0,10	1,769	1,50	2,305	1,537	0,98	1,63	1,66	
		0,30	1,769					1,59	(1,74)	
		0,60	1,669					1,50		
		1,00	1,529					1,33		
		1,35	1,092					0,67	1,38	
VII.	40	0,10	1,669	1,31	1,827	1,395	0,85	1,59	1,62	
		0,30	1,612					1,53	(1,66)	
		0,60	1,500					1,42		
		1,00	1,288					1,18		
		1,16	1,053					1,00	1,33	
VIII.	48	0,10	1,463	1,15	1,457	1,267	0,74	1,45	1,48	
		0,30	1,419					1,38	(1,46)	
		0,60	1,317					1,24		
		0,90	1,162					1,04		
		1,00	1,026					0,92	1,20	
IX.	56	0,10	1,354	1,06	1,367	1,290	0,41	1,42	1,45	
		0,30	1,309					1,34	(1,35)	
		0,60	1,215					1,19		
		0,91	1,008					0,92	1,18	
X.	64	0,10	1,281	1,09	1,197	1,098	0,60	1,26	1,28	
		0,30	1,234					1,19	(1,30)	
		0,60	1,108					1,05		
		0,94	0,868					0,82	1,05	
XI.	72	0,10	1,067	1,24	1,147	0,925	0,73	1,06	1,08	
		0,30	1,044					1,02	(1,08)	
		0,60	0,992					0,94		
		0,90	0,809					0,83		
		1,09	0,693					0,70	0,90	

5) Messung oberhalb Donauwörth am 6. August 1879.

Nr. der Verticalen	Entfernung vom Fixp.	Tiefe des Flügels unter Wasser	Geschw. des Wassers in einer Secunde	Gesamttiefe der Verticalen: D	Quadrat-inhalt der Verticalgeschwindigkeitsflächen	Mittlere Geschw. der Verticalen: V_m	Tiefe der mittleren Geschw. der Verticalen: d_m	Nach Laval berechnete Geschw. u. zwar		Bemerkungen
								in den einzelnen Punkten der Verticalen	Oberflächen-geschw. V_o u. mittlere Geschw. V_m	
	m	m	m	m	qm	m	m	m	m	
I.	6	0,10	1,347	1,15	1,315	1,143	0,67	1,15	1,17	Constante des Flügels: $\alpha = 0,23706$ $v = \alpha n$
		0,30	1,302					1,09	(1,36)	
		0,60	1,150					1,00		
		1,00	0,931					0,74	0,96	
II.	12	0,10	1,669	1,66	2,366	1,425	1,08	1,47	1,49	
		0,30	1,646					1,43	(1,62)	
		0,60	1,623					1,36		
		1,00	1,480					1,24	1,24	
		1,51	1,049					0,98		
III.	18	0,10	1,823	1,60	2,437	1,523	0,93	1,55	1,57	
		0,30	1,713					1,50	(1,82)	
		0,60	1,693					1,42		
		1,00	1,481					1,28		
		1,30	1,317					1,12	1,30	
		1,45	1,139					1,03		
IV.	26	0,10	1,866	1,53	2,208	1,443	1,13	1,61	1,63	
		0,30	1,782					1,56	(1,88)	
		0,60	1,693					1,46		
		1,00	1,539					1,30		
		1,30	1,332					1,08	1,34	
		1,38	1,222					0,98		
V.	34	0,10	1,809	1,47	1,961	1,334	1,20	1,65	1,68	
		0,30	1,769					1,60	(1,83)	
		0,60	1,669					1,50		
		1,00	1,519					1,30		
		1,20	1,347					1,15	1,38	
		1,32	1,185					1,01		
VI.	40	0,10	1,693	1,36	1,912	1,406	0,82	1,63	1,65	
		0,30	1,634					1,55	(1,73)	
		0,60	1,500					1,45		
		1,00	1,302					1,23	1,11	
		1,21	1,077					1,01		
VII.	46	0,10	1,529	1,36	1,683	1,346	0,73	1,59	1,62	
		0,30	1,519					1,54	(1,53)	
		0,60	1,370					1,43		
		1,00	1,151					1,21	1,33	
		1,10	0,987					1,07		
VIII.	54	0,10	1,394	1,13	1,367	1,210	0,72	1,43	1,45	
		0,30	1,362					1,35	(1,44)	
		0,60	1,191					1,22		
		0,98	1,040					0,84	1,18	
IX.	62	0,10	1,331	1,11	1,280	1,153	0,67	1,30	1,32	
		0,30	1,311					1,23	(1,34)	
		0,60	1,197					1,11		
		0,96	0,919					0,85	1,08	
X.	72	0,10	1,118	1,30	1,210	0,931	0,84	1,19	1,21	
		0,30	1,108					1,15	(1,12)	
		0,60	0,987					1,07		
		1,00	0,826					0,90	1,01	
		1,15	0,658					0,79		

6) Messung bei Neuburg am 3. August 1879.

I.	8	0,10	1,394	1,40	1,652	1,18	0,87	1,25	1,27	Constante des Flügels: $\alpha = 0,23706$ $v = \alpha n$
		0,50	1,331					1,16	(1,37)	
		1,00	1,097					0,98		
		1,25	0,856					0,80	1,05	
II.	14	0,10	1,705	1,51	2,202	1,458	0,92	1,43	1,46	
		0,50	1,646					1,34	(1,71)	
		1,00	1,419					1,16		
		1,36	1,082					0,94	1,20	
III.	22	0,10	1,796	1,65	2,503	1,517	1,004	1,60	1,62	
		0,50	1,705					1,50	(1,77)	
		1,00	1,549					1,33		
		1,50	1,092					1,07	1,34	

Nr. der Verticalen	Entfernung vom Fixp.	Tiefe des Flügels unter Wasser	Geschw. des Wassers in einer Secunde	Gesamttiefe der Verticalen D	Quadrat-inhalt der Verticalgeschwindigkeitsflächen	Mittlere Geschw. der Verticalen: V_m	Tiefe der mittleren Geschw. der Verticalen: d_m	Nach Laval berechnete Geschw. u. zwar		Bemerkungen
								in den einzelnen Punkten der Verticalen	Oberflächen-geschw. V_o u. mittlere Geschw. V_m	
	m	m	m	m	qm	m	m	m	m	
IV.	32	0,10	1,881	1,75	2,873	1,642	1,10	1,73	1,75	
		0,50	1,866					1,63	(1,86)	
		1,00	1,669					1,46		
		1,60	1,247					1,13	1,45	
V.	42	0,10	1,927	1,95	3,242	1,663	1,18	1,86	1,88	
		0,50	1,911					1,76	(1,92)	
		1,00	1,755					1,62		
		1,50	1,445					1,39	1,55	
		1,80	1,203					1,25		
VI.	52	0,10	2,043	2,10	3,600	1,714	1,27	1,93	1,94	
		0,50	1,959					1,83	(2,04)	
		1,00	1,823					1,69		
		1,50	1,591					1,49	1,61	
		1,95	1,203					1,25		
VII.	58	0,10	2,097	2,20	4,002	1,819	1,38	1,91	1,93	
		0,50	2,043					1,83	(2,09)	
		1,00	1,959					1,73		
		1,50	1,823					1,55	1,61	
		2,05	1,274					1,26		
VIII.	66	0,10	2,155	2,30	4,304	1,871	1,45	1,85	1,89	
		0,50	2,116					1,80	(2,15)	
		1,00	2,043					1,68		
		1,50	1,837					1,53		
		2,00	1,580					1,26	1,57	
		2,15	1,222					1,09		
IX.	78	0,10	2,079	2,35	4,241	1,805	1,50	1,74	1,75	
		0,50	2,079					1,67	(2,06)	
		1,00	1,992					1,58		
		1,50	1,823					1,44	1,47	
		2,20	1,209					1,05		
X.	86	0,10	1,635	2,32	3,544	1,528	1,56	1,31	1,32	
		0,50	1,769					1,26	(1,54)	
		1,00	1,769					1,19		
		1,50	1,519					1,10		
		2,00	1,185					0,93	1,12	
		2,17	0,979					0,82		

7) Messung bei Ingolstadt am 3. April 1879.

I.	15,6	0,10	1,881	2,17	3,214	1,48	1,39	1,73	1,74	Constante des Flügels: $\alpha = 0,23706$ $v = \alpha n$
		0,40	1,867					1,67	(1,88)	
		0,80	1,717					1,59		
		1,20	1,624					1,49		
		1,60	1,289					1,34	1,45	
		1,78	1,068					1,24		
II.	30,6	0,10	2,175	2,32	4,080	1,76	1,36	1,99	2,01	
		0,40	2,061					1,92	(2,18)	
		0,80	1,943					1,85		
		1,20	1,838					1,74		
		1,60	1,706					1,59	1,67	
		1,95	1,411					1,39		
III.	40,6	0,10	2,135	2,42	4,320	1,79	1,44	2,12	2,13	
		0,40	2,079					2,05	(2,16)	
		0,80	1,976					1,97		
		1,20	1,852					1,85		
		1,60	1,782					1,72	1,78	
		2,06	1,428					1,45		
IV.	55,6	0,10	2,026	2,22	3,680	1,66	1,30	2,17	2,18	
		0,40	1,927					2,11	(2,05)	
		0,80	1,852					2,00		
		1,20	1,681					1,85		
		1,60	1,570					1,67	1,80	
		1,78	1,393					1,55		
V.	65,6	0,10	1,912	1,87	2,936	1,57	1,11	2,03	2,05	
		0,40	1,838					1,94	(1,92)	
		0,80	1,717					1,81		
		1,20	1,481					1,65	1,68	
		1,54	1,317					1,40		

Nr. der Verticalen	Entfernung vom Fixp.	Tiefe des Flügels unter Wasser	Geschw. des Wassers in einer Secunde	Gesamttiefe der Verticalen: D	Quadratinhalt der Verticalgeschwindigkeitsflächen	Mittlere Geschw. der Verticalen: D	Tiefe der mittleren Geschw. der Verticalen: d _m	Nach Laval berechnete Geschw. u. zwar		Bemerkungen
								in den einzelnen Punkten der Verticalen	Oberflächen-geschw. V _o u. mittlere Geschw. V _m	
	m	m	m	m	qm	m	m	m	m	
VI.	75,6	0,10	1,809	1,42	2,136	1,50	0,88	1,83	1,85	
		0,40	1,730					1,71	(1,81)	
		0,80	1,581					1,53		
		1,16	1,191					1,26	1,51	
VII.	90,6	0,10	1,693	1,37	1,984	1,45	0,80	1,71	1,73	
		0,40	1,612					1,60	(1,70)	
		0,80	1,473					1,42		
		1,11	1,234					1,19	1,41	
VIII.	100,6	0,10	1,769	1,52	2,168	1,43	0,94	1,67	1,69	
		0,40	1,646					1,58	(1,77)	
		0,80	1,539					1,44		
		1,20	1,186					1,20	1,38	
IX.	115,6	0,10	1,624	1,32	1,864	1,41	0,80	1,31	1,33	
		0,40	1,591					1,23	(1,62)	
		0,80	1,428					1,09		
		1,04	1,139					0,96	1,10	

C. Isar.

8) Messung bei München am 14. Januar 1879.

I.	6,0	0,10	1,073	0,85	0,74	0,870	0,55	1,15	1,18	Constante des Flügels : $\alpha = 0,3155$
		0,30	1,052					1,07	(1,06)	
		0,50	0,962					0,97		
		0,60	0,836					0,89	0,95	
		0,68	0,573					0,81		
II.	8,0	0,10	1,304	0,90	0,99	1,100	0,48	1,29	1,32	
		0,30	1,188					1,22	(1,32)	
		0,50	1,094					1,15		
		0,72	0,889					1,06	1,08	
III.	12,0	0,10	1,493	0,85	1,07	1,259	0,47	1,40	1,44	
		0,30	1,394					1,29	(1,52)	
		0,50	1,252					1,15		
		0,56	1,178					1,10	1,15	
		0,61	1,104					1,02		
IV.	16,0	0,10	1,383	0,85	0,96	1,129	0,49	1,48	1,53	
		0,30	1,304					1,37	(1,39)	
		0,50	1,110					1,22		
		0,62	0,973					1,10	1,22	
V.	22,0	0,10	1,351	0,90	1,01	1,122	0,55	1,59	1,64	
		0,30	1,267					1,48	(1,35)	
		0,50	1,157					1,34		
		0,72	0,936					1,10	1,31	
VI.	28,0	0,10	1,583	0,97	1,32	1,361	0,61	1,56	1,60	
		0,30	1,541					1,46	(1,58)	
		0,50	1,462					1,33		
		0,81	1,073					1,02	1,28	
VII.	32,0	0,10	1,662	1,05	1,52	1,448	0,63	1,50	1,55	
		0,30	1,667					1,42	(1,63)	
		0,50	1,562					1,33		
		0,85	1,199					1,03	1,25	
VIII.	36,0	0,10	1,467	1,05	1,34	1,276	0,65	1,38	1,42	
		0,30	1,477					1,31	(1,44)	
		0,50	1,409					1,22		
		0,80	1,088					1,02	1,15	
IX.	38,0	0,10	1,173	1,00	1,02	1,020	0,62	1,26	1,29	
		0,30	1,246					1,19	(1,08)	
		0,50	1,136					1,10		
		0,77	0,831					0,92	1,05	

D. Lech.

9) Messung bei Kaufering am 23. November 1878.

Nr. der Verticalen	Entfernung vom Fixp.	Tiefe des Flügels unter Wasser	Geschw. des Wassers in einer Secunde	Gesamttiefe der Verticalen: D	Quadrat-inhalt der Verticalgeschwindigkeitsflächen	Mittlere Geschw. der Verticalen: V_m	Tiefe der mittleren Geschw. der Verticalen: d_m	Nach Lavale berechnete Geschw. u. zwar		Bemerkungen
								in den einzelnen Punkten der Verticalen	Oberflächen-geschw. V_o u. mittlere Geschw. V_m	
	m	m	m	m	qm	m	m	m	m	
I.	5	0,10 0,30 0,50	0,558 0,385 0,215	0,64	0,230	0,359	0,33	1,14 1,01 0,81	1,19 (0,60) 0,95	Constante des Flügels: $\alpha = 0,3155$ $v = \alpha n$
II.	8	0,10 0,30 0,50 0,90	1,230 1,208 1,114 0,751	1,07	1,097	1,025	0,61	1,57 1,49 1,38 1,04	1,61 (1,21) 1,30	Hier, sowie bei den Messungen Nr. 10 und 11 zeigt sich der Einfluss des ungünstigen Messungsprofils, indem die mittlere Tiefe zu sehr von den einzelnen Tiefen, namentlich von denen am Rande abweicht.
III.	12	0,10 0,25 0,40	1,193 1,114 0,915	0,58	0,590	1,017	0,33	1,38 1,29 1,15	1,43 (1,20) 1,20	
IV.	16	0,10 0,30	0,937 0,767	0,45	0,373	0,829	0,24	1,27 0,99	1,37 (0,96)	Vergleiche 2. Abschnitt § 1
V.	22	0,10 0,25 0,40	0,868 0,811 0,678	0,56	0,434	0,775	0,31	1,44 1,29 1,06	1,53 (0,86) 1,18	
VI.	30	0,10 0,30 0,50 0,70 0,90	1,783 1,742 1,694 1,489 1,189	1,11	1,684	1,517	0,68	2,00 1,89 1,76 1,59 1,33	2,05 (1,77) 1,63	
VII.	38	0,10 0,30 0,50 0,75	1,719 1,615 1,521 1,237	0,93	1,380	1,484	0,52	1,80 1,67 1,51 1,20	1,85 (1,71) 1,46	
VIII.	46	0,10 0,30 0,50 0,70	0,530 0,606 0,672 0,558	0,86	0,498	0,579	0,23 0,68	1,63 1,50 1,34 1,08	1,68 (0,50) 1,33	
IX.	50	0,10 0,30	0,151 0,079	0,48	0,049	0,102	0,26	1,23 1,01	1,11 (0,16) 1,03	

10) Messung bei Kaufering am 19. Oktober 1878.

I.	8	0,10 0,50 0,95	1,477 1,262 0,767	1,23	1,340	1,089	0,68	1,59 1,44 1,15	1,62 (1,49) 1,32	Constante des Flügels: $\alpha = 0,3155$ $v = \alpha n$
II.	12	0,10 0,50 0,57	1,505 1,161 1,111	0,74	0,948	1,281	0,40	1,43 1,14 1,04	1,48 (1,54) 1,20	
III.	16	0,10 0,44	1,335 1,003	0,59	0,670	1,136	0,33	1,35 0,97	1,43 (1,37) 1,11	
IV.	22	0,10 0,40 0,57	1,158 1,066 0,905	0,72	0,743	1,032	0,45	1,62 1,35 1,09	1,69 (1,12) 1,32	
V.	30	0,10 0,50 0,90 1,08	1,868 1,697 1,420 1,199	1,24	1,950	1,573	0,69	1,99 1,78 1,47 1,23	2,02 (1,86) 1,62	
VI.	38	0,10 0,50 0,90 1,01	1,925 1,726 1,404 1,051	1,13	1,827	1,617	0,63	1,86 1,64 1,27 1,08	1,90 (1,92) 1,52	
VII.	44	0,10 0,50 0,91	1,562 1,341 0,956	1,03	1,343	1,304	0,55	1,71 1,51 1,10	1,75 (1,56) 1,44	
VIII.	51	0,10 0,30	0,710 0,558	0,45	0,275	1,611	0,24	1,13 0,89	1,22 (0,74) 0,94	
IX.	52	0,15	0,716	0,30	0,210	0,700	0,18	0,85	1,05 (0,76) 0,80	
X.	56	0,10	0,647	0,23	0,145	0,630	0,12	0,71	0,85 (0,68) 0,64	

11) Messung bei Kaufering am 10. September 1879.

Nr. der Verticalen	Entfernung vom Fixp.	Tiefe des Flügels unter Wasser	Geschw. des Wassers in einer Secunde	Gesamttiefe der Verticalen: D	Quadratinhalt der Verticalgeschwindigkeitsflächen	Mittlere Geschw. der Verticalen: V_m	Tiefe der mittleren Geschw. der Verticalen: d_m	Nach Laval berechnete Geschw. u. zwar		Bemerkungen
								in den einzelnen Punkten der Verticalen	Oberflächen-geschw. V_o u. mittlere Geschw. V_m	
	m	m	m	m	qm	m	m	m	m	
I.	8	0,10	2,339	1,73	3,404	1,965	1,01	2,10	2,14	Constante des Flügels: $\alpha = 0,3380$ $v = \alpha n.$
		0,50	2,204					1,98	(2,35)	
		1,00	2,021					1,76		
		1,50	1,470					1,36	1,74	
		1,59	1,301					1,22		
II.	14	0,10	2,765	1,63	3,626	2,225	0,96	2,27	2,30	
		0,50	2,630					2,11	(2,78)	
		1,00	2,221					1,84		
		1,37	1,460					1,49	1,86	
III.	20	0,10	2,545	1,53	3,285	2,147	0,86	2,33	2,37	
		0,50	2,383					2,18	(2,58)	
		1,00	2,069					1,89		
		1,34	1,582					1,51	1,95	
IV.	30	0,10	2,663	2,03	4,260	2,099	1,13	2,74	2,77	
		0,50	2,494					2,60	(2,68)	
		1,00	2,197					2,35		
		1,50	1,751					2,02	2,24	
		1,73	1,511					1,78		
V.	36	0,10	2,586	1,83	3,802	2,078	1,00	2,60	2,62	
		0,50	2,369					2,42	(2,60)	
		1,00	2,119					2,17		
		1,58	1,497					1,64	2,12	
VI.	44	0,10	2,339	1,68	3,087	1,837	0,95	2,36	2,39	
		0,50	2,163					2,20	(2,38)	
		1,00	1,835					1,93		
		1,36	1,328					1,61	1,93	
VII.	54	0,10	1,916	0,88	1,413	1,606	0,48	1,66	1,71	
		0,50	1,582					1,37	(1,95)	
		0,73	1,240					1,07	1,35	

12) Messung bei Schwabstadel am 12. Oktober 1880.

I.	4,0	0,10	1,981	1,51	2,776	1,838	0,98	1,95	1,98	Formel für die Geschwindigkeit v : $v = 0,01341 + 0,33808 n$, wobei n die Anzahl der Umdrehungen in einer Sekunde.
		0,30	2,065					1,88	(1,93)	
		0,70	2,065					1,71		
		1,10	1,697					1,46	1,61	
		1,36	1,335					1,16		
II.	7,0	0,20	2,505	1,44	3,108	2,158	0,82	2,13	2,16	
		0,30	2,437					2,05	(2,50)	
		0,70	2,254					1,84		
		1,10	1,856					1,55	1,74	
		1,29	1,680					1,25		
III.	10,0	0,10	2,454	1,40	3,030	2,164	0,83	2,23	2,26	
		0,30	2,481					2,13	(2,41)	
		0,70	2,285					1,90		
		1,10	1,863					1,55	1,82	
		1,25	1,646					1,32		
IV.	15,0	0,10	2,414	1,28	2,612	2,040	0,78	2,31	2,36	
		0,30	2,306					2,20	(2,43)	
		0,70	2,113					1,93		
		1,10	1,589					1,25	1,88	
V.	20,0	1,10	2,153	1,24	2,222	1,794	0,76	2,36	2,42	
		0,30	2,065					2,26	(2,17)	
		0,70	1,856					1,95		
		1,09	1,230					1,39	1,92	
VI.	25,0	0,10	1,839	1,19	1,812	1,523	0,75	2,23	2,28	
		0,30	1,787					2,11	(1,85)	
		0,70	1,558					1,81		
		1,04	1,102					1,34	1,81	
VII.	30,0	0,10	1,545	0,96	1,252	1,304	0,57	1,91	1,96	
		0,30	1,460					1,77	(1,56)	
		0,60	1,288					1,51		
		0,70	1,203					1,39	1,55	
		0,81	1,055					1,20		
VIII.	34,0	0,10	0,943	0,57	0,484	0,849	0,36	1,40	1,48	
		0,30	0,902					1,20	(0,93)	
		0,42	0,784					1,01	1,15	

Tabelle IV.

Direkte Erhebungen der einzelnen Messungen. Ergebnisse der Schwimmermessungen.

Nr. der Verticalen	Nr. der Schwimmer	Verstrichene Zeit für 150 m in Secunden	Mittlere Oberflächengeschwindigkeiten der Verticalen	Nr. der Verticalen	Nr. der Schwimmer	Verstrichene Zeit für 150 m in Secunden	Mittlere Oberflächengeschwindigkeiten der Verticalen	Nr. der Verticalen	Nr. der Schwimmer	Verstrichene Zeit für 150 m in Secunden	Mittlere Oberflächengeschwindigkeiten der Verticalen
I n n.											
I. Messung bei Reisach am 27. Nov. 1878.				II. Messung bei Reisach am 10. August 1878.				III. Messung bei Reisach am 2. September 1878.			
I.	1	125,5	1,195	I.	1	125	1,200	I.	1	75	2,205
II.	2	74		II.	2	84		II.	2	78,5	
	3	74			3	76,5		3	65		
	4	75			4	67,5		4	66,5		
	5	72,5					1,990	5	58,5		
III.	6	74	2,031	III.	—	—	—	II.	6	57,5	
	7	69		IV.	5	68		7	55		
IV.	8	70	2,100		6	62,5		8	56	2,672	
	9	69,5		V.	7	60,5	2,303	III.	9	53,5	
	10	66,5			8	58,5		10	54		
	11	70		VI.	9	59	2,520	11	52		
	12	67			10	57		12	51	2,852	
	13	68	2,190	VI.	11	53,5		IV.	13	48	
V.	14	68			12	51	2,730	14	47,5		
	15	65		VII.	13	54		15	48	3,138	
	16	67,5			14	51	2,860	V.	16	52	
	17	67,5		VIII.	15	54		17	50,5		
	18	70,5			16	54		18	50,5		
	19	71		IX.	18	58	2,778	19	49		
	20	72,5	2,181		19	53,5		20	50,5		
VI.	21	75			20	58		21	51	2,966	
	22	74,5		X.	22	57	2,669	VI.	22	53	
	23	73			23	60,5		23	53		
	24	74			24	61,5	2,517	24	51		
	25	72						25	54	2,845	
	26	72		XI.	25	59,5		VII.	26	52	
	27	76,5			26	59		27	52,5		
	29	81,5	2,008		27	62	2,475	28	56,5		
VII.	28	75			28	62		29	54	2,792	
	30	83		XII.	29	61,5		VIII.	30	57	
	31	86			30	61	2,452	31	57,5		
	32	87,5			31	61,5		32	56		
	33	82			32	61		33	57,5	2,633	
	34	89		XIII.	33	59		IX.	34	59,5	
	35	87	1,764		34	62	2,447	35	60,5		
	36	93			35	63		X.	36	68	2,497
VIII.	37	91		XIV.	36	64		37	70		
	38	91			37	71		38	66		
	39	93,5			38	81	2,103	39	112		
	40	94									
	41	82									
	42	86									
	43	82,5	1,698								

Bemerkung. Die Schwimmerbeobachtungen währten von 2 $\frac{1}{2}$ bis 4 $\frac{1}{2}$ Uhr bei heftigem Winde.

Bemerkung. Die Schwimmerbeobachtungen dauerten von 10—12 $\frac{1}{2}$ Uhr. Nahezu windstill.

Bemerkung. Die Schwimmerbeobachtungen dauerten von 9—12 Uhr. — Regnerisch, mässiger oberer Wind.

Tabelle V.

Zusammenstellung der Messungsergebnisse.

Nummer der Messung	Bezeichnung der Messungsstelle	Wassermenge pro Secunde	Flächeninhalt des Querprofils	Mittlere Geschwindigkeit im Profil $v = \frac{Q}{F}$	Benetzter Umfang	Wasserspiegelbreite	Mittlere Tiefe $t = \frac{F}{W}$	Profilradius $R = \frac{F}{p}$	Grösste Wasserspiegelgeschwindigkeit im Thalwege	Absolut grösste Geschwindigkeit im ganzen Profil	Verhältniss der mittleren Geschw. z. grössten Wasserspiegelgeschwindigkeit	Mittel der Gefälle des Wasserspiegels an beiden Ufern	auf 100 m Länge	Mittleres relatives Gefälle für die Messung	Cote des Wasserspiegels über N.—N.— (Null des Amsterdamer Pegels)
		Q	F	v	p	W	t	R	C	V _{max}	$\frac{v}{C}$	J'	J''	J	über N.—N.—
in		cbm	qm	m	m	m	m	m	m	m	—	m	m	—	m
A. Inn.															
1	bei Reisach + 0,03 Reisacher Pegel	213	145,5	1,464	114,0	113,0	1,287	1,276	2,120	2,130	0,691	0,1150	0,1270	0,001210	464,910
2	do. + 1,12m Reisacher P.	587	276,6	2,122	121,65	120,0	2,305	2,274	2,890	2,890	0,734	0,1484	0,0860	0,001172	466,000
3	do. + 1,63m Reisacher P.	800	343,5	2,329	124,0	121,8	2,820	2,770	2,850	2,890	0,817	0,1292	0,1021	0,001156	466,510
B. Donau.															
4	5 km oberh. Donauwörth bei + 0,93m Donauw. P.	123,7	93,14	1,328	74,73	74,20	1,255	1,246	1,780	1,800	0,746	link. Ufer 0,0540	recht. Uf. 0,0800	0,000670	400,458
5	desgl. bei + 0,98m Donauwörther Pegel	125,1	96,27	1,299	75,02	74,55	1,290	1,283	1,880	1,880	0,718	l. U. 0,0660	r. U. 0,0700	0,000680	400,508
6	unterhalb Neuburg bei + 0,59 m Neub. P.	278,4	169,4	1,643	90,21	89,0	1,904	1,878	2,152	2,155	0,764	l. U. 0,0570	r. U. 0,0550	0,000560	374,168
7	bei Ingolstadt bei + 0,42m Ingolst. P.	329,3	208,04	1,583	117,10	115,5	1,801	1,777	2,175	2,175	0,730	0,0725	0,0720	0,000723	363,387
C. Isar.															
8	unterhalb München bei — 2,77m Bogenh. P.	38,6	32,58	1,185	37,21	36,8	0,885	0,876	1,630	1,670	0,727	0,1240	0,1205	0,001223	496,653
D. Lech.															
9	bei Kaufering und — 0,69m Kauf. Pegel	40,0	38,2	1,047	56,02	55,8	0,692	0,682	1,820	1,820	0,575	0,1527	0,1525	0,001529	568,884
10	do. bei — 0,52m Kauf. P.	59,0	47,0	1,255	57,51	57,30	0,820	0,817	1,950	1,950	0,645	0,1450	0,1380	0,00140	569,054
11	do. bei + 0,07m Kauf. P.	170,0	85,9	1,979	60,34	60,0	1,432	1,424	2,780	2,780	0,712	0,1695	0,1595	0,001645	569,644
12	bei Schwabstadel bei + 0,16m Schwabst. P.	71,5	40,65	1,759	37,85	37,0	1,099	1,074	2,500	2,510	0,700	l. U. 0,1260	r. U. 0,116	0,00121	552,858

Tabelle VI.

Vergleichungs

der nach den verschiedenen Formeln berechneten mittleren

Nummer der Messung	Bezeichnung der Messungsstelle	Wasserstand an dem der Messungsstelle zunächstliegenden Pegel	Messungs-Ergebnisse		Elemente der Rechnung							1. 2. 3. 4.				
			Wassermenge	Mittlere Profildgeschwindigkeit	Flächeninhalt des Querprofils	Wasserspiegelbreite	Benetzter Umfang	Profil-Radius	Mittlerer Hamptadius	Relatives Gefälle	Kutter (neu)	Lavale	Darcy - Bazin		4.	
													IV. Kateg.	V. Kateg.		3.
		m	cbm	m	qm	m	m	m	m	m	Coef. n	m	m	m	m	
1	Inn. bei Reisach	+ 0,03m Reisacher Peg.	213	1,464	145,5	113,0	114,0	1,276	0,641	0,001210	1,471	0,028	1,527	1,668	1,276	
2	"	+ 1,12m "	587	2,122	276,6	120,0	121,65	2,274	1,145	0,001172	2,137	"	2,072	2,478	1,942	
3	"	+ 1,63m "	800	2,329	343,5	121,8	124,0	2,770	1,397	0,001156	2,412	"	2,280	2,808	2,216	
4	Donau. 5km oberh. Donauwörth	+ 0,98m Donauw. Peg.	123,7	1,328	93,14	74,20	74,73	1,246	0,625	0,000670	1,300	0,0232	1,148	1,219	0,932	
5	"	+ 0,98m "	125,1	1,299	96,27	74,55	75,02	1,283	0,644	0,000680	1,338	"	1,171	1,256	1,160	
6	bei Neuburg	+ 0,59m Neuburger P.	278,4	1,643	169,4	89,0	90,21	1,878	0,945	0,000560	1,643	0,0218	1,387	1,500	1,162	
7	bei Ingolstadt	+ 0,42m Ingolstäd. P.	329,3	1,583	208,04	115,5	117,1	1,777	0,894	0,000723	1,583	0,0251	1,490	1,641	1,273	
8	Isar. unterhalb München bei Oberföhring	- 2,77m Bogenhaus. P.	38,6	1,185	32,58	36,8	37,21	0,876	0,440	0,001223	1,185	0,0266	1,185	1,256	0,946	
9	Lech. bei Kaufering	- 0,69m Kauferinger P.	40	1,047	38,20	55,8	56,02	0,682	0,342	0,001529	1,111	0,0268	1,194	1,147	0,795	
10	"	- 0,52m "	59	1,255	47,0	57,3	57,51	0,817	0,410	0,001400	1,210	"	1,218	1,271	0,954	
11	"	+ 0,07m "	170,0	1,979	85,9	60,0	60,34	1,424	0,713	0,001645	1,926	"	1,738	2,113	1,621	
12	bei Schwabstadel	+ 0,16m Schwabstader Pegel	71,5	1,759	40,65	37,0	37,85	1,074	0,543	0,001210	1,759	0,0207	1,601	1,463	1,112	

Tabelle VII.

Vergleichungstabelle

der Abweichungen der Formeln in Prozenten der gemessenen Geschwindigkeiten.

Mittlere Abweichungen aus den 12 Messungen ohne Rücksicht auf das Vorzeichen

		%	%	%	%
1.	Inn	+0,5	-	+ 4,0	+ 14,0 - 12,9
2.	"	+0,7	-	+ 2,3	+ 16,5 - 8,6
3.	"	+3,6	-	+ 2,0	+ 20,6 - 4,9
4.	Donau	+2,0	-	- 13,5	- 8,0 - 30,0
5.	"	+3,0	-	- 9,8	- 3,0 - 10,7
6.	"	-	-	- 15,5	- 8,6 - 29,2
7.	"	-	-	- 5,8	+ 3,6 - 19,5
8.	Isar	-	-	- 3,2	+ 5,9 - 20,2
9.	Lech	+6,2	-	+ 13,0	+ 9,5 - 24,0
10.	"	-3,5	-	+ 2,6	+ 1,3 - 24,0
11.	"	-2,6	-	- 12,0	+ 6,8 - 18,0
12.	"	-	-	- 8,8	- 16,6 - 36,7
		3,0	(7,7)	9,5	20,0
		Kutter 1.	aus 25 Messungen Lavale 2.	Darcy Bazin 3.	

tabelle

Geschwindigkeiten v mit den Messungsergebnissen.

Mittlere Geschwindigkeit berechnet nach den Formeln von																				
5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.		16.		17.		18.		19.	20.	
										Prony	Hagen	alt	neu	alt	neu	alt	neu			
Harder	ältere Formeln von Kutter	Gaukler	Eytelwein	De St. Venant	Humphreys-Abbot	Bornemann	Grebenau	Prony		Hagen		Lahmeyer								
XI. Kategorie	XII. Kategorie	modifiziert						alt	neu	mit Lahmeyer Coeffiz.	alt	neu	Lahmeyer							
$v = C \sqrt{R J}$ $C = h_1 + h_2 \sqrt{R}$ $k_1 = 36,27; k_2 = 7,284$	$v = \left[\frac{a b}{a + \sqrt{R + b}} \right] \cdot \sqrt{R J}$ $a = 100; b = 1,67$	desgl. wie vor $a = 100; b = 2,44$	desgl. wie vor $a = 100; b = 2,18$	$v = \left[\frac{a \sqrt{R}}{R + J} \right]^2$ $a = 5,7$	$v = k \sqrt{R J}$ $k = 50,9$	$v = \left[\frac{R J}{\alpha} \right]^n$ $\alpha = 0,0001012$	$v = \sqrt[0,0025]{m + \sqrt{68,72 R_1 J}}$ $m = 0,95; n = 0,933$	$R_1 = \frac{F}{p + W}; m = \sqrt{R + 0,657}$	$v = \frac{1}{\gamma} \sqrt[0,5]{\frac{R^4}{J^4}}$ $\gamma = 0,0039$	$v = \beta \cdot k \sqrt{R_1} \sqrt{J}$ $\beta = 0,923; k = 8,28072$	$v = \sqrt{\alpha + \beta R J - \gamma}$ $\alpha = 0,0516; \beta = 328,71; \gamma = 0,07184$	$v = -\frac{\alpha}{2\beta} + \frac{1}{2\beta} \sqrt{\alpha^2 + 4\beta R J}$ $\alpha = 0,0000445; \beta = 0,00039931$	desgl. wie vor, jedoch mit Lahmeyer'schen Coeffizienten $\alpha = 0,00002210; \beta = 0,000377686$	$v = c \sqrt{R J}$ $c = 2,425$	$v = \frac{\beta \sqrt{R}}{\alpha} \sqrt{J}$ $\beta = 3,34$	$v = \left[\frac{R J}{\alpha} \right]^n$ $\alpha = 0,000423$				
m	m	m	m	m	m	k	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	
1,745	1,586	1,245	1,342	1,330	2,000	37,25	2,026	1,145	1,646	1,142	2,172	2,169	1,983	0,894	0,985	2,363				
2,438	2,448	1,970	2,109	1,923	2,626	41,12	2,696	1,545	3,466	1,514	2,870	2,854	2,619	1,187	1,306	3,401				
2,738	2,824	2,294	2,449	2,179	2,880	41,22	2,968	1,713	4,459	1,666	3,151	3,161	2,883	1,308	1,437	3,843				
1,282	1,157	0,907	0,977	0,974	1,471	45,97	1,468	0,970	0,993	0,972	1,585	1,561	1,453	0,801	0,864	1,568				
1,314	1,194	0,936	1,010	1,000	1,503	43,99	1,502	0,994	1,258	0,985	1,623	1,609	1,480	0,815	0,880	1,615				
1,616	1,460	1,165	1,251	1,083	1,649	50,71	1,657	1,150	1,487	1,141	1,756	1,771	1,639	0,954	1,265	1,829				
1,646	1,848	1,510	1,609	1,113	1,824	44,17	1,840	1,133	1,695	1,121	1,977	1,980	1,840	0,968	1,048	2,093				
1,408	1,175	0,907	0,982	1,040	1,664	36,25	1,672	0,941	1,007	0,948	1,773	1,787	1,652	0,742	0,817	1,851				
1,365	1,068	0,817	0,887	0,992	1,644	32,42	1,649	0,872	0,860	0,884	1,777	1,755	1,626	0,680	0,754	1,819				
1,448	1,187	0,913	0,992	1,031	1,720	37,11	1,731	0,968	1,021	0,947	1,863	1,853	1,706	0,733	0,811	1,935				
2,174	2,017	1,590	1,710	1,289	2,464	40,89	2,520	1,311	2,435	1,300	2,688	2,676	2,461	0,994	1,106	3,120				
1,578	1,380	1,075	1,162	1,187	1,835	38,86	1,852	1,199	1,308	1,051	1,988	1,978	1,824	0,820	0,903	2,107				
+ 19,0	+ 8,2	- 14,9	- 8,3	- 9,2	+ 36,6	-	+ 38,2	- 21,7	+ 12,5	- 21,9	+ 48,0	+ 48	+ 35,3	- 39,0	- 32,8	+ 61,0				
+ 14,9	+ 15,2	- 7,2	- 0,5	- 9,5	+ 23,9	-	+ 26,5	- 27,5	+ 63,0	- 28,6	+ 35,0	+ 34,3	+ 23,1	- 44,0	- 38,5	+ 60,0				
+ 17,0	+ 21,3	- 1,7	+ 5,1	- 6,5	+ 23,7	-	+ 27,2	- 26,4	+ 91,3	- 28,4	+ 35,2	+ 35,8	+ 24,0	- 43,8	- 38,3	+ 65,0				
- 3,4	- 12,7	- 31,6	- 26,5	- 26,7	+ 11,7	-	+ 10,8	- 27,0	- 25,0	- 26,8	+ 19,2	+ 17,5	+ 9,4	- 39,8	- 35,0	+ 18,0				
+ 1,0	- 8,0	- 28,0	- 22,2	- 23,0	+ 15,5	-	+ 15,5	- 23,5	- 3,0	- 24,2	+ 25,0	+ 24,0	+ 14,0	- 37,3	- 32,2	+ 24,5				
- 1,7	- 7,9	- 29,1	- 23,8	- 34,0	+ 0,02	-	+ 2,0	- 30,0	- 9,5	- 30,5	+ 6,8	+ 7,8	- 0,02	- 41,9	- 23,0	+ 11,2				
+ 4,0	+ 16,5	- 4,5	+ 1,5	- 29,6	+ 15,5	-	+ 16,0	- 28,4	+ 7,0	- 29,0	+ 25,0	+ 25,2	+ 16,2	- 48,8	- 34,0	+ 32,0				
+ 18,8	- 0,07	- 23,5	- 27,1	- 12,2	+ 40,4	-	+ 41,0	- 20,9	- 14,5	- 20,0	+ 49,5	+ 50,8	+ 39,5	- 37,4	- 31,0	+ 56,1				
+ 30,8	+ 2,0	- 22,0	- 15,2	- 5,2	+ 57,0	-	+ 58,0	- 16,6	- 18,0	- 15,6	+ 70,0	+ 68,0	+ 55,5	- 35,0	- 28,0	+ 74,0				
+ 38,2	- 5,2	- 27,2	- 21,0	- 17,9	+ 37,0	-	+ 38,0	- 22,8	- 18,6	- 24,5	+ 48,0	+ 48,0	+ 36,0	- 41,5	- 35,4	+ 54,0				
+ 10,0	+ 2,0	- 19,6	- 19,5	- 34,8	+ 27,8	-	+ 27,5	- 33,7	+ 23,0	- 34,2	+ 36,0	+ 35,0	+ 24,5	- 49,8	- 44,0	+ 57,8				
- 10,2	- 21,5	- 38,8	- 33,8	- 32,4	+ 4,3	-	+ 5,2	- 31,7	- 25,6	- 40,2	+ 13,0	+ 12,4	+ 3,8	- 43,4	- 48,6	+ 19,8				
14,0	10,0	21,0	17,0	20,0	24,0		25,0	25,8	25,9	27,0	34,0	33,0	23,4	41,8	35,0	42,5				
Harder 4.				Gaukler 5.	Eytelwein 7.		De St. Venant 8.	Humphreys-Abbot 9.	Bornemann 10.	Grebenau 11.			Prony 6.		Hagen 12.	Lahmeyer 13.				

Tabelle VIII.

Vergleichung der nach der Lavale'schen Formel berechneten mittleren Geschwindigkeiten mit den Ergebnissen der Messungen an 9 verschiedenen Flüssen.

Nummer	Messungsstelle	Messung vorge- nommen durch	W	F	$t = \frac{F}{W}$	J	C	n	m	v	v	Differenz in Prozenten		Bemerkungen
			m	qm	m	m	m	aus Gl. 6	aus Gl. 2	aus Gl. 4	be- rechn. aus Gl. 10	ge- messen	-	
Donau.														
1	oberh. Donauwörth	Schmid	74,2	93,14	1,255	0,00067	1,605	4,37	7,23	1,148	1,328	13,5		Beharrungszustand. schwach steigend. Beharrungszustand. schwach steigend. stark fallend. zuerst stark steigend, dann stark fallend.
2	" "	"	74,6	96,27	1,290	0,00068	1,638	4,39	7,22	1,171	1,299	9,8		
3	bei Neuburg . . .	"	89,0	169,4	1,904	0,00056	1,911	4,74	7,24	1,387	1,643	15,5		
4	" Ingolstadt . . .	"	115,5	208,04	1,801	0,000723	2,068	4,55	7,32	1,490	1,583	5,8		
5	" " . . .	"	116,1	233,86	2,014	0,00076	2,237	4,58	7,30	1,612	1,704	5,2		
6	" Wien	Harlacher	436,0	1801,7	2,970	0,000486	2,973	5,27	7,84	2,210	2,016		10	
Lech.														
7	bei Schwabstadel	Schmid	37,0	40,65	1,099	0,00121	2,344	3,72	6,51	1,601	1,759	8,8		Beharrungszustand. schwach fallend. sehr schwach fallend. stark fallend.
8	bei Kaufering . . .	"	55,8	38,2	0,692	0,001529	1,756	3,49	7,02	1,194	1,047		13,0	
9	" " . . .	"	57,3	47,0	0,820	0,00140	1,770	3,69	7,03	1,218	1,255	2,6		
10	" " . . .	"	60,0	85,9	1,432	0,001644	2,486	3,98	6,91	1,738	1,979	12,0		
Isar.														
11	bei München . . .	Schmid	36,8	32,58	0,895	0,001223	1,645	3,95	6,87	1,145	1,185	3,2		schwach fallend.
Inn.														
12	bei Reisach	"	113,6	145,5	1,287	0,00121	2,213	3,99	7,29	1,527	1,464		4,0	Beharrungszustand. schwach fallend. stark fallend.
13	" "	"	120,0	276,6	2,305	0,001172	2,892	4,41	7,40	2,072	2,122	2,3		
14	" "	"	121,8	343,5	2,820	0,001156	3,167	4,57	7,14	2,280	2,329	2,0		
Elbe.														
15	bei Teschen	Harlacher	105,3	119,3	1,133	0,000315	1,137	4,94	7,60	0,836	0,760		10,5	Beharrungszustand.
16	" "	"	120,0	192,0	1,600	"	1,178	5,00	7,57	1,000	0,950		5,0	
17	" "	"	121,1	245,4	2,026	"	1,520	5,19	7,51	1,123	1,100		2,0	
18	" "	Wagner	110,0	144,8	1,316	0,00020	1,000	5,20	7,70	0,740	0,609		21,5	
Weser.														
19	bei Rinteln	Mau	80,0	111,46	1,393	0,000159	0,896	5,46	7,58	0,668	0,678	1,3		Beharrungszustand.
20	" "	"	81,3	153,63	1,889	0,000182	1,102	5,62	7,48	0,826	0,807		2,2	
21	" "	"	79,8	88,49	1,109	0,000205	0,902	5,07	7,57	0,665	0,617	7,0		
22	" Holzminden . . .	Wagner	84,0	200,00	2,439	0,0000322	0,571	6,41	7,83	0,438	0,425	3,0		
Rhein.														
23	bei Basel	Grebenau	201,27	426,12	2,117	0,00122	2,994	4,25	7,43	2,132	1,945	9,0		Langsam fallend.
Ocker.														
24	bei Leiferde	Wagner	14	26,36	1,883	0,0000122	0,272	6,63	7,27	0,207	0,178	16,5		Beharrungszustand.
Przemsaffluss.														
25	Nebenfluss der Weichsel	Matula	22,0	27,67	1,255	0,000438	1,161	4,85	6,78	0,84	0,80	5,0		Nicht erheblich wech- selnd.
Mittel der Abweichung (ohne Rücksicht auf Vorzeichen)											7,5%			

Tabelle IX.

Tabelle der Verhältnisse der mittleren Geschwindigkeit zur Oberflächen-
geschwindigkeit in den einzelnen Profilvertikalen = $\frac{v}{v_0}$

Nummer	Bezeichnung der Messungsstelle	Nummer der Verticalen															Mittelwerth aus einer Messung	Bemerkungen
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	XIII.	XIV.	XV.		
A. Inn.																		
1	bei Reisach	0,780	0,803	0,831	0,812	0,772	0,769	0,860	0,862	0,821	0,848	—	—	—	—	—	0,816	
2	„ „	0,909	0,825	0,845	0,832	0,837	0,857	0,835	0,847	0,853	0,874	0,890	0,863	0,867	0,974	0,867	0,865	
3	„ „	0,877	0,892	0,900	0,906	0,900	0,905	0,866	0,935	0,890	1,009	—	—	—	—	—	0,908	
B. Donau.																		
4	oberhalb Donauwörth	0,734	0,818	0,817	0,878	0,871	0,383	0,840	0,868	0,955	0,842	0,859	—	—	—	—	0,851	
5	„ „	0,842	0,882	0,839	0,768	0,728	0,814	0,881	0,855	0,861	0,833	—	—	—	—	—	0,830	
6	bei Neuburg	0,864	0,855	0,858	0,881	0,868	0,840	0,871	0,869	0,874	0,991	—	—	—	—	—	0,877	
7	bei Ingolstadt	0,787	0,807	0,830	0,860	0,817	0,829	0,854	0,808	0,870	—	—	—	—	—	—	0,828	
C. Isar.																		
8	bei München	0,821	0,833	0,828	0,812	0,831	0,861	0,888	0,886	0,944	—	—	—	—	—	—	0,856	
D. Lech.																		
9	bei Kaufering	0,600	0,851	0,850	0,865	0,906	0,859	0,866	1,160	0,625	—	—	—	—	—	—	0,842	
10	„ „	0,732	0,831	0,832	0,921	0,845	0,845	0,834	0,825	0,921	0,927	—	—	—	—	—	0,851	
11	„ „	0,846	0,802	0,834	0,784	0,800	0,773	0,826	—	—	—	—	—	—	—	—	0,809	
12	bei Schwabstadel	0,955	0,864	0,896	0,840	0,825	0,822	0,835	0,915	—	—	—	—	—	—	—	0,868	
															Mittel aus sämtlichen Messungen		0,850	

Tabelle XI.

Tabelle der Verhältnisse der verschiedenen Geschwindigkeiten zu einander mit Rücksicht auf das ganze Profil.

Nummer der Messung	Bezeichnung der Messungsstelle	Mittlere Geschwindigkeit im ganzen Profil	Grösste Geschwindigkeit im ganzen Profil	Mittlere Oberflächengeschwindigkeit	Grösste Oberflächengeschwindigkeit	Mittlere Sohlengeschwindigkeit	Mittlere Tiefe	$\frac{v}{V_{\max}}$	$\frac{v}{C}$	$\frac{v}{V_{om}}$	$\frac{v}{V_{Dm}}$	$\frac{V_{om}}{V_{Dm}}$	$\frac{V_{om}}{C}$	$\frac{v}{t}$
		v	V _{max}	V _{om}	C	V _{Dm}	t							
A. Inn.														
1	bei Reisach 10 km unterhalb Kufstein	1,464	2,13	1,77	2,12	0,82	1,29	0,69	0,69	0,83	1,78	2,16	0,83	1'13
2	desgl.	2,122	2,89	2,38	2,89	1,43	2,31	0,73	0,73	0,89	1,49	1,67	0,82	0,92
3	desgl.	2,329	2,89	2,47	2,85 ^{ung. Wind}	1,64	2,82	0,82	0,82	0,94	1,42	1,51	0,87	0,83
B. Donau.														
4	5 km oberhalb Donauwörth	1,328	1,80	1,51	1,78	1,78	1,26	0,74	0,74	0,88	1,54	1,75	0,85	1,06
5	" " "	1,299	1,88	1,46	1,88	1,88	1,29	0,69	0,69	0,89	1,51	1,70	0,78	1,01
6	bei Neuburg	1,643	2,16	1,80	2,15	1,03	1,90	0,76	0,76	0,91	1,59	1,75	0,84	0,86
7	bei Ingolstadt	1,583	2,18	1,85	2,18	0,66	1,80	0,73	0,73	0,85	2,40	2,80	0,85	0,88
C. Isar.														
8	bei München	1,185	1,67	1,36	1,63	0,60	0,89	0,71	0,73	0,88	1,98	2,25	0,83	1,34
D. Lech.														
9	bei Kaufering	1,047	1,82	0,97	1,82	0,50	0,69	0,58	0,58	1,08	2,10	1,94	0,53	1,52
10	" "	1,255	1,95	1,34	1,95	0,71	0,82	0,64	0,64	0,94	1,77	1,89	0,69	1,53
11	" "	1,979	2,78	2,29	2,78	1,06	1,43	0,71	0,71	0,86	1,87	2,16	0,82	1,38
12	bei Schwabstadel	1,759	2,50	1,84	2,50	0,79	1,10	0,70	0,70	0,96	2,23	2,33	0,74	1,60
								Mittel	0,71					

Tabelle XII.

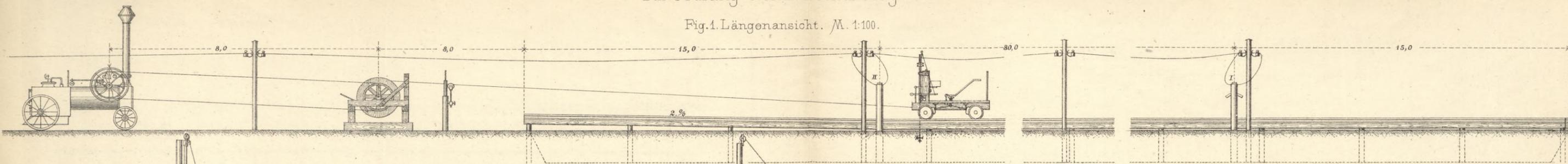
Vergleich der Ergebnisse der Wagner'schen Geschwindigkeitsformel mit den aus 30 Messungen gefundenen mittleren Profilgeschwindigkeiten.

Nummer	Messungs- stelle	Messung vorge- nommen durch	C		Be- rech- netes v	Ge- messe- nes v	Differenz in Pro- zenten		Nummer	Messungs- stelle	Messung vorge- nommen durch	C		Be- rech- netes v	Ge- messe- nes v	Differenz in Pro- zenten				
			Flügel- messung	m			m	-				+	Flügel- messung			m	m	-	+	
			$v = 0,67 C + 0,027 C^2$																	
			Donau.								Elbe.									
1	oberh. Donauwörth	Schmid	1,78	1,27	1,353	5,7	—	19	bei Teschen	Harlacher	1,42	1,007	1,10	8,4	—					
2	" "	"	1,88	1,35	1,350	0	0	20	" "	"	1,27	0,89	0,95	6,3	—					
3	bei Neuburg	"	2,15	1,56	1,643	4,6	—	21	" "	"	1,11	0,78	0,76	2,5	—					
4	bei Ingolstadt	"	2,18	1,58	1,554	—	2,0	22	" "	"	1,36	0,96	0,783	—	22,8					
5	" "	"	2,18	1,58	1,704	7,0	—	23	" "	"	1,66	1,19	1,006	—	18,0					
6	bei Wien	Harlacher	2,78	2,07	2,016	—	2,8	24	" "	"	2,20	1,60	1,625	1,2	—					
			Lech.								Rhein.									
7	bei Schwabstadel	Schmid	2,50	1,84	1,759	—	4,6	28 bei Basel Grebenau								2,63	1,95	1,945	0	0
8	bei Kaufering	"	1,82	1,31	1,047	—	25,0													
9	" "	"	1,95	1,41	1,255	—	12,0													
10	" "	"	2,78	2,07	1,979	—	4,5													
			Isar.								Ocker.									
11	bei München	"	1,63	1,163	1,185	1,7	—	29	bei Leiferde	Wagner	0,26	0,194	0,178	—	9,0					
			Inn.								Przemsaffluss.									
12	bei Reisach	"	2,12	1,54	1,464	—	5,0	30 Nebenfluss der Weichsel oberhalb der Einmündung in dieselbe.								1,23	0,86	0,80	—	7,8
13	" "	"	2,89	2,160	2,122	—	1,6													
14	" "	"	2,85	2,13	2,329	9,0	—													
			Weser.								Mittel der Abweichung ohne Rücksicht auf das Vorzeichen					7,3%				
15	bei Rinteln	Mau	0,95	0,66	0,617	—	7,2													
16	" "	"	1,01	0,71	0,678	—	3,9													
17	" "	"	1,19	0,84	0,807	—	3,5													
18	Holzminden	Wagner	0,61	0,42	0,425	1,0	—													

HYDROTECHNISCHE VERSUCHS-STATION BEI FREISING,

zur Prüfung Woltman'scher Flügel.

Fig. 1. Längensicht. M. 1:100.



Versuchswagen mit selbstwirkender Ein- u. Ausrückung d. Flügel.

Fig. 2.

Längensicht.

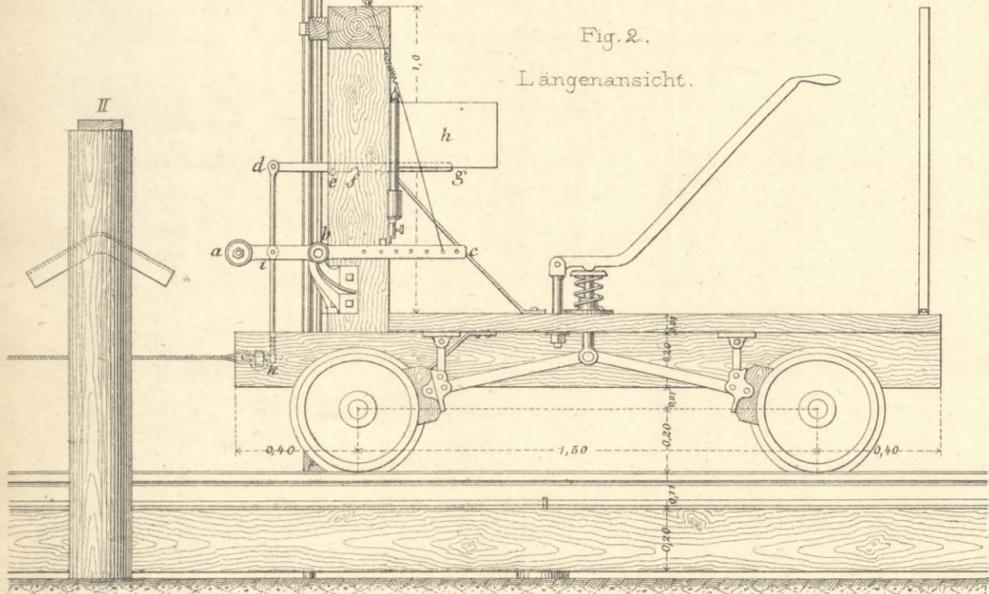
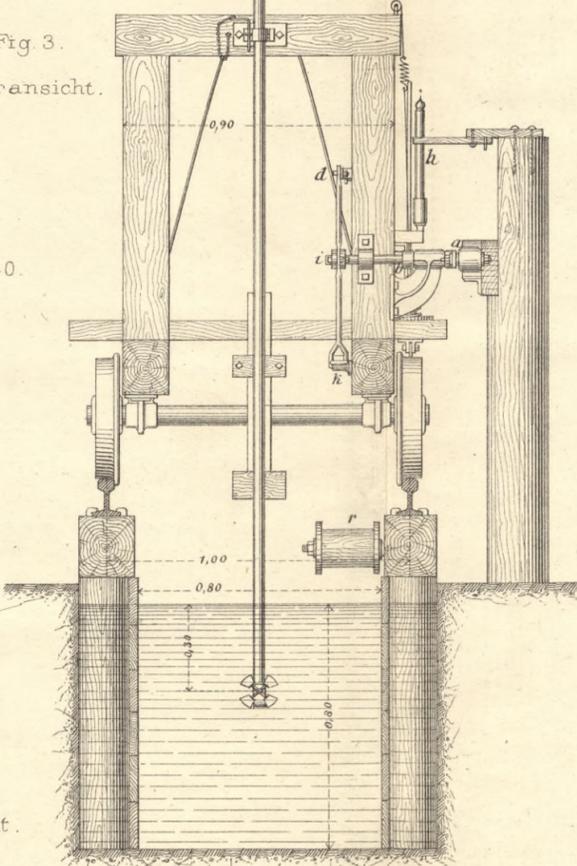


Fig. 3.

Queransicht.

M. 1:20.



Zugstellung der selbstwirkenden

Ein- und Ausrückung.

Selbstwirkende Ein- und Ausrückung für

Flügel ohne Zahnrädchen. Zugstellung innerhalb d. Station.

Fig. 4^a.

Längensicht.

M. 1:20.

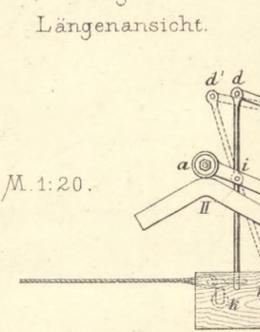


Fig. 5^a.

Längensicht.

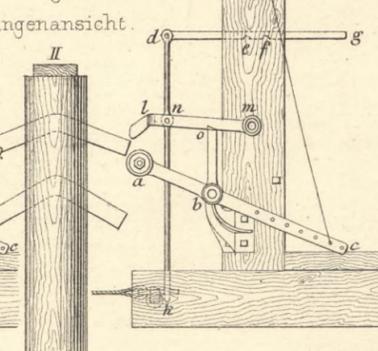


Fig. 5^b.

Queransicht.

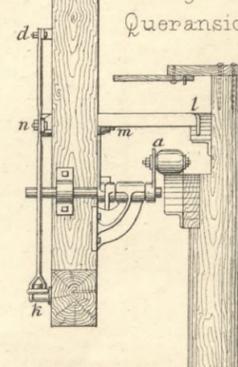


Fig. 4^b. Grundriss.

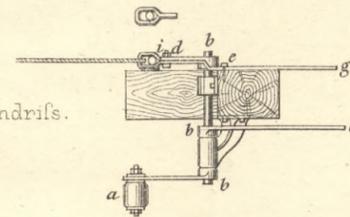
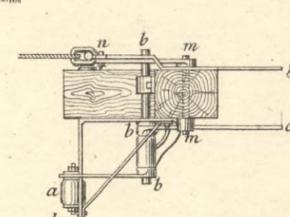


Fig. 5^c. Grundriss.



Vorgelege mit Rollenstufe I. zur Aufwicklung des Seiles.

Fig 6^a. Längensicht.

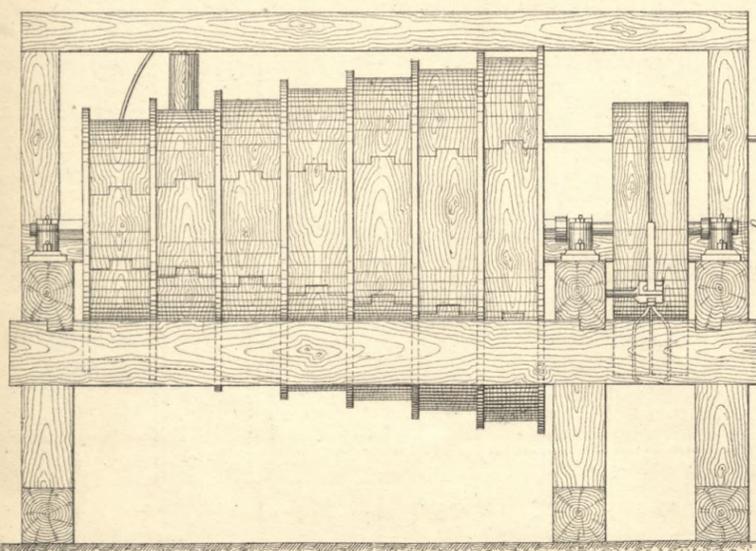
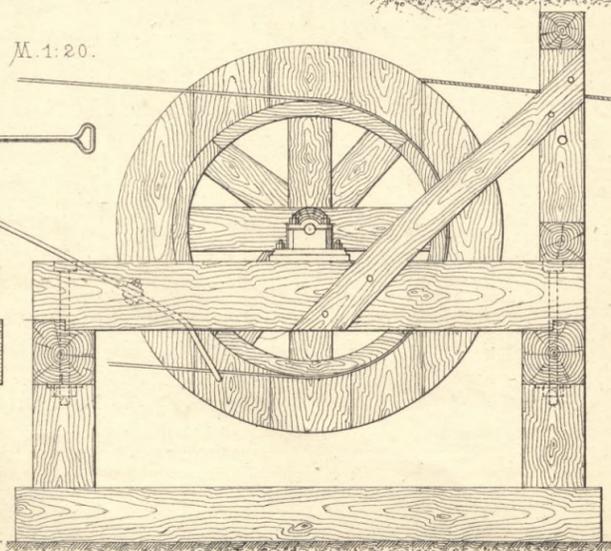


Fig 6^b. Queransicht.



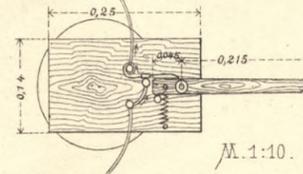
Elektrischer Unterbrecher.

Fig. 9^a. Strom geschlossen.

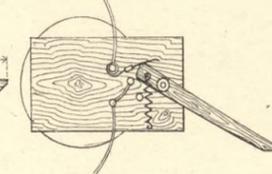
Fig. 9^b. Strom unterbrochen.

Fig. 9^c.

Queransicht.



M. 1:10.



Vorrichtung zum Verlängern u. Verkürzen der Schnur.

Fig. 10^a.

Fig. 10^b.



Fig. 7. Rollenstufe II.

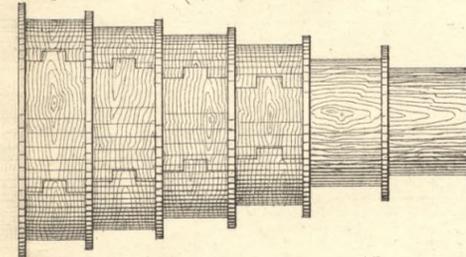
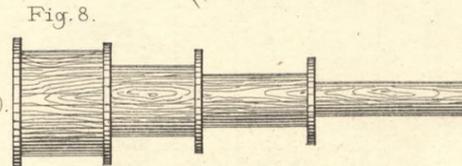
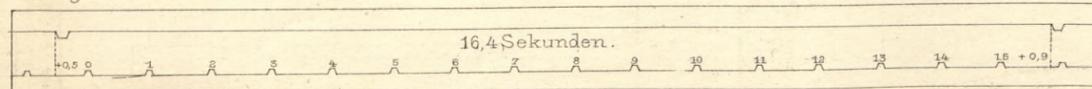


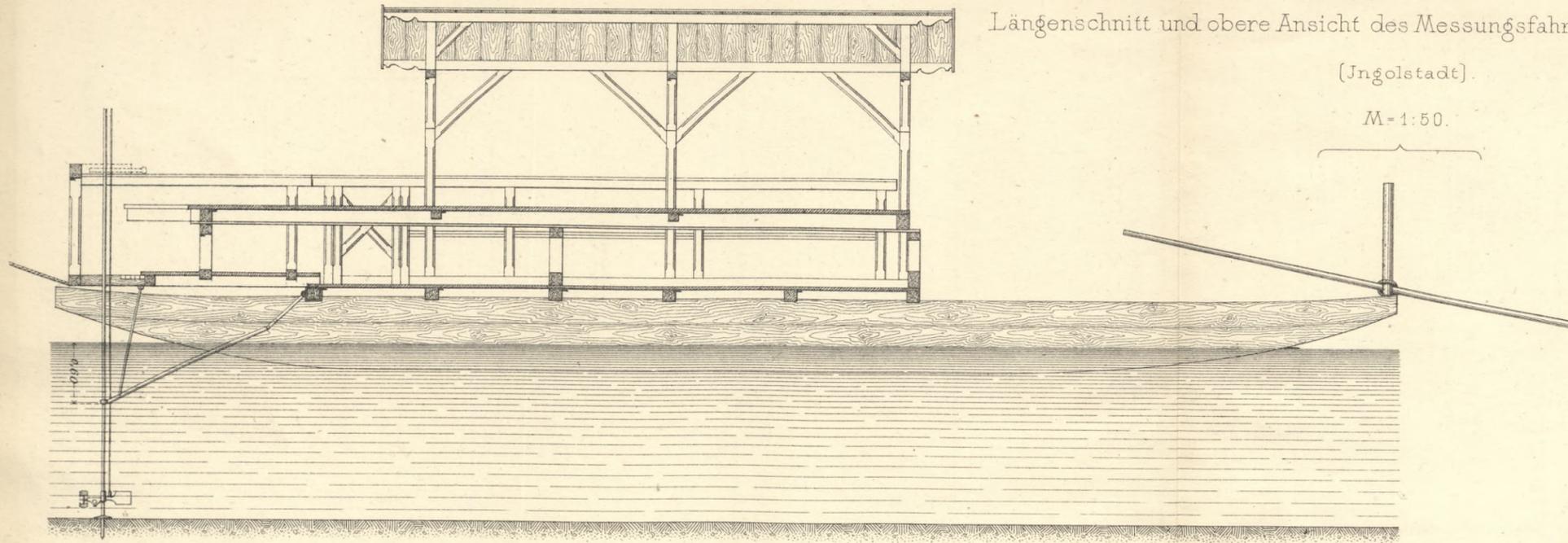
Fig. 8. Rollenstufe III.



Chronograph Diagramm.

Fig. 11.

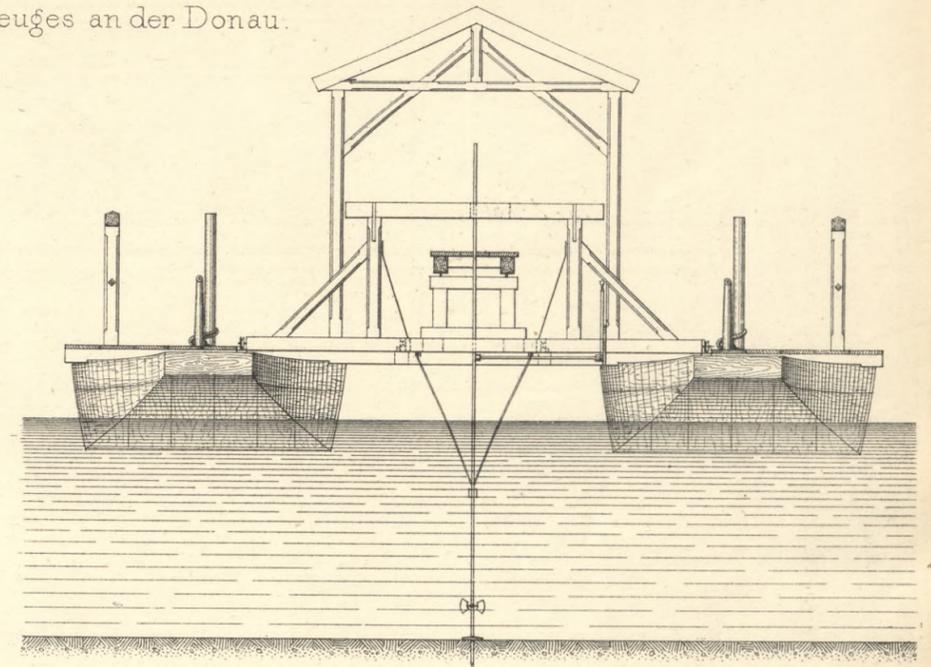




Längenschnitt und obere Ansicht des Messungsfahrzeuges an der Donau.

(Jngolstadt).

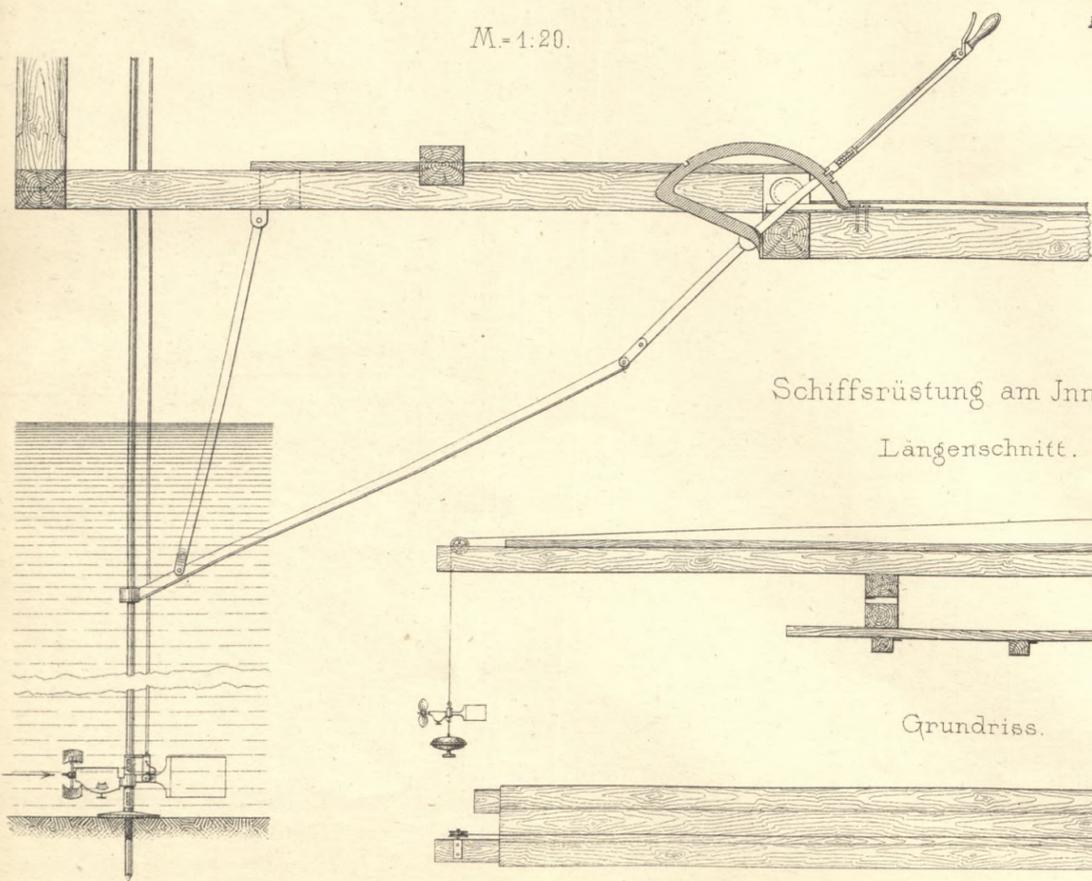
M = 1:50.



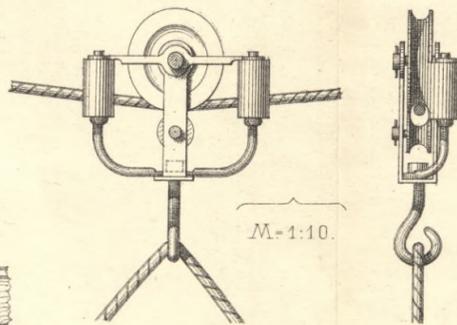
Stellvorrichtung für die Flügelstange.

(Jngolstädter Messungsfahrzeug).

M = 1:20.



Seilrolle (Reisach).

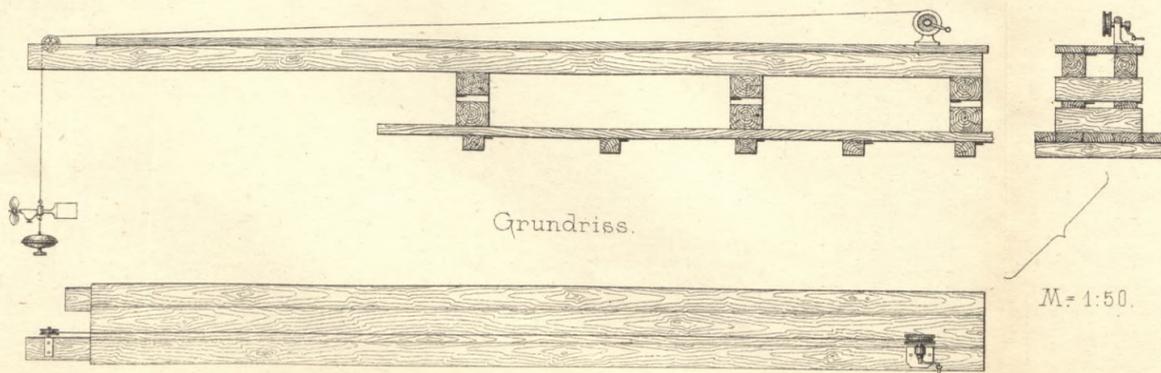


M = 1:10.

Schiffsrüstung am Inn für den Flügel am Draht.

Längenschnitt.

Querschnitt.

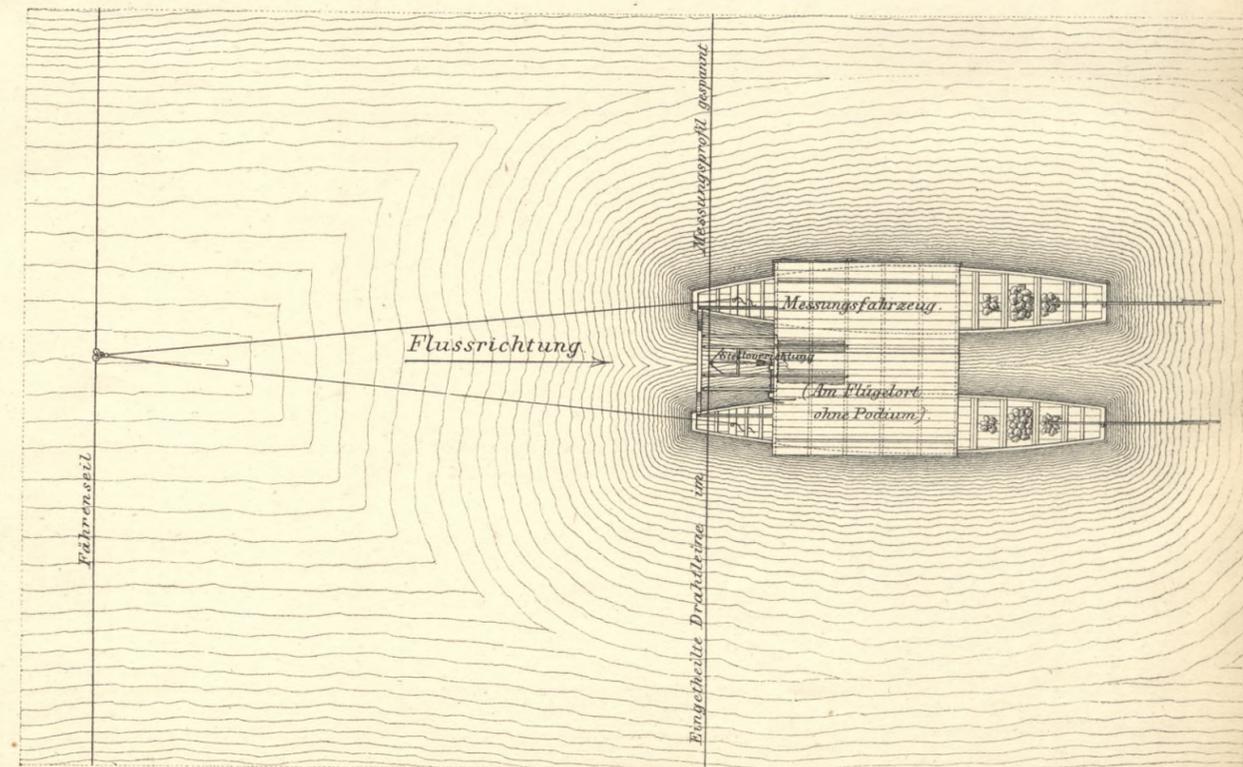


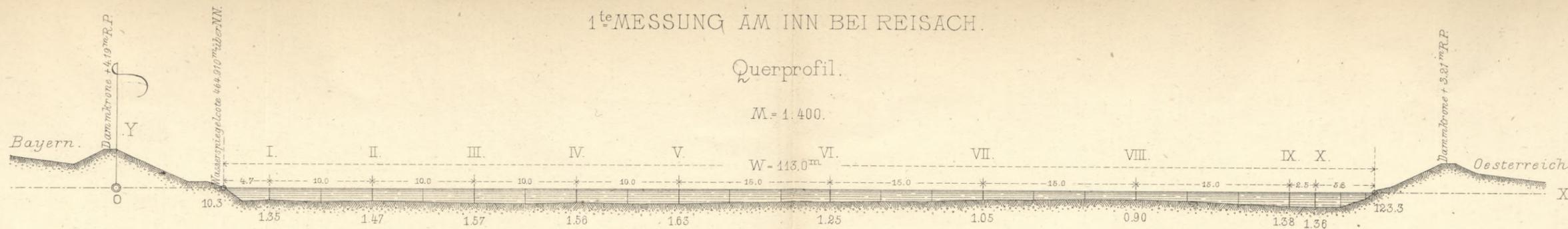
Grundriss.

M = 1:50.

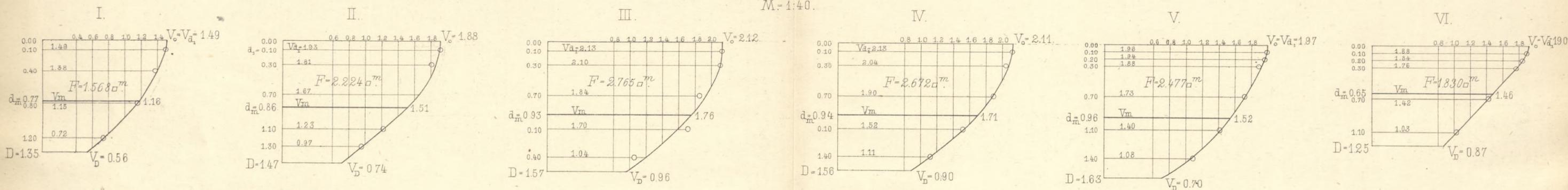
Fixirung des Messungsfahrzeuges.

M = 1:200.

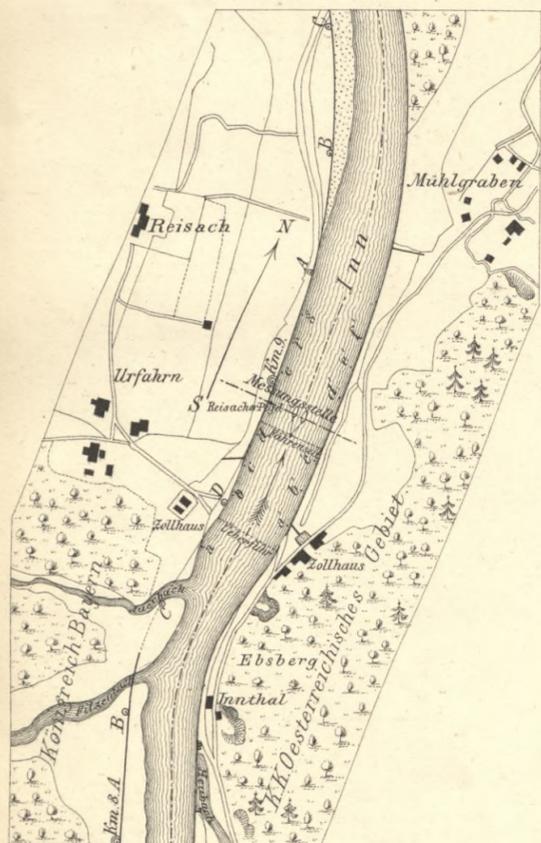




Vertikal-Geschwindigkeitscurven.

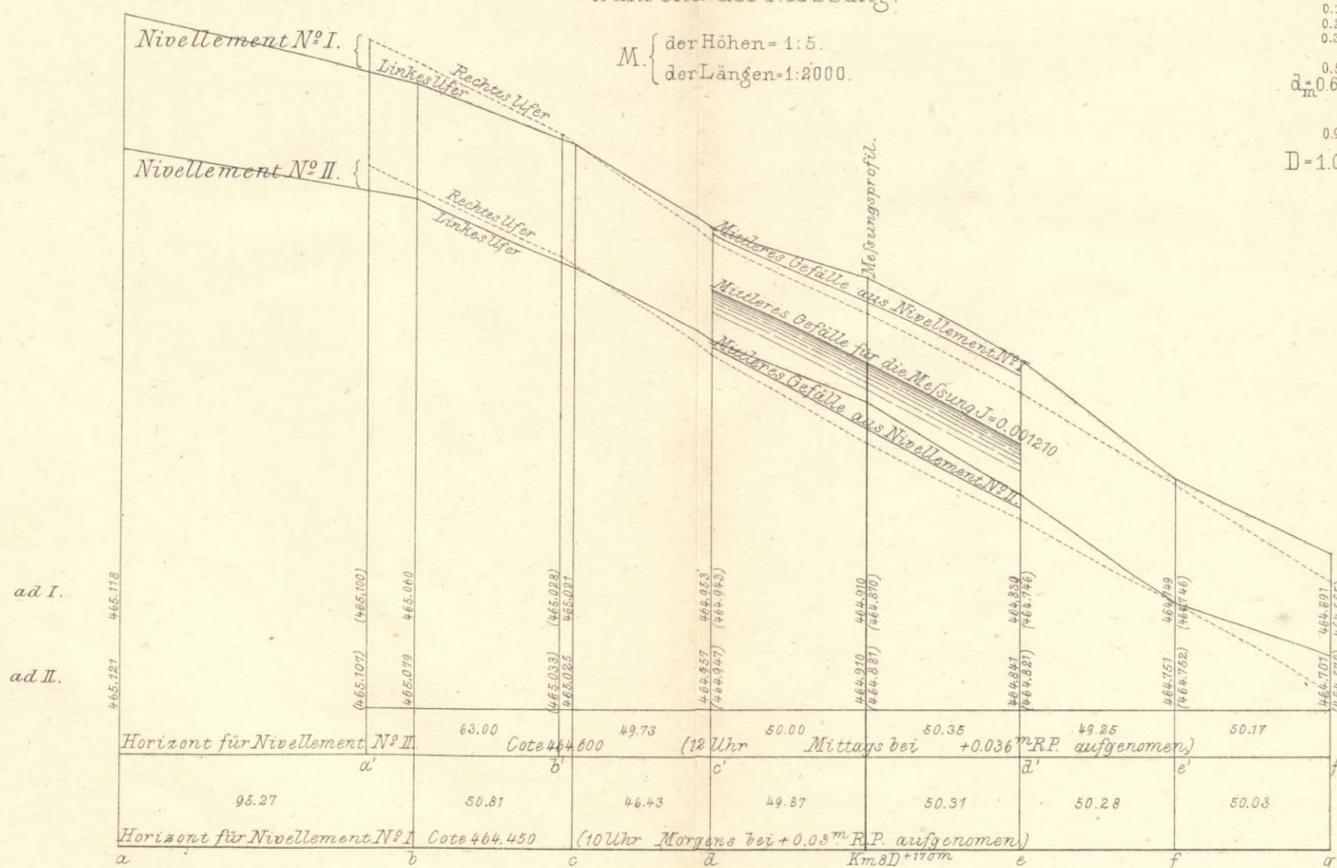


Situation der Messungsstelle bei Reisach. M = 1:10000.



Nivellements der Wasserspiegel während der Messung.

M { der Höhen = 1:5.
der Längen = 1:2000.

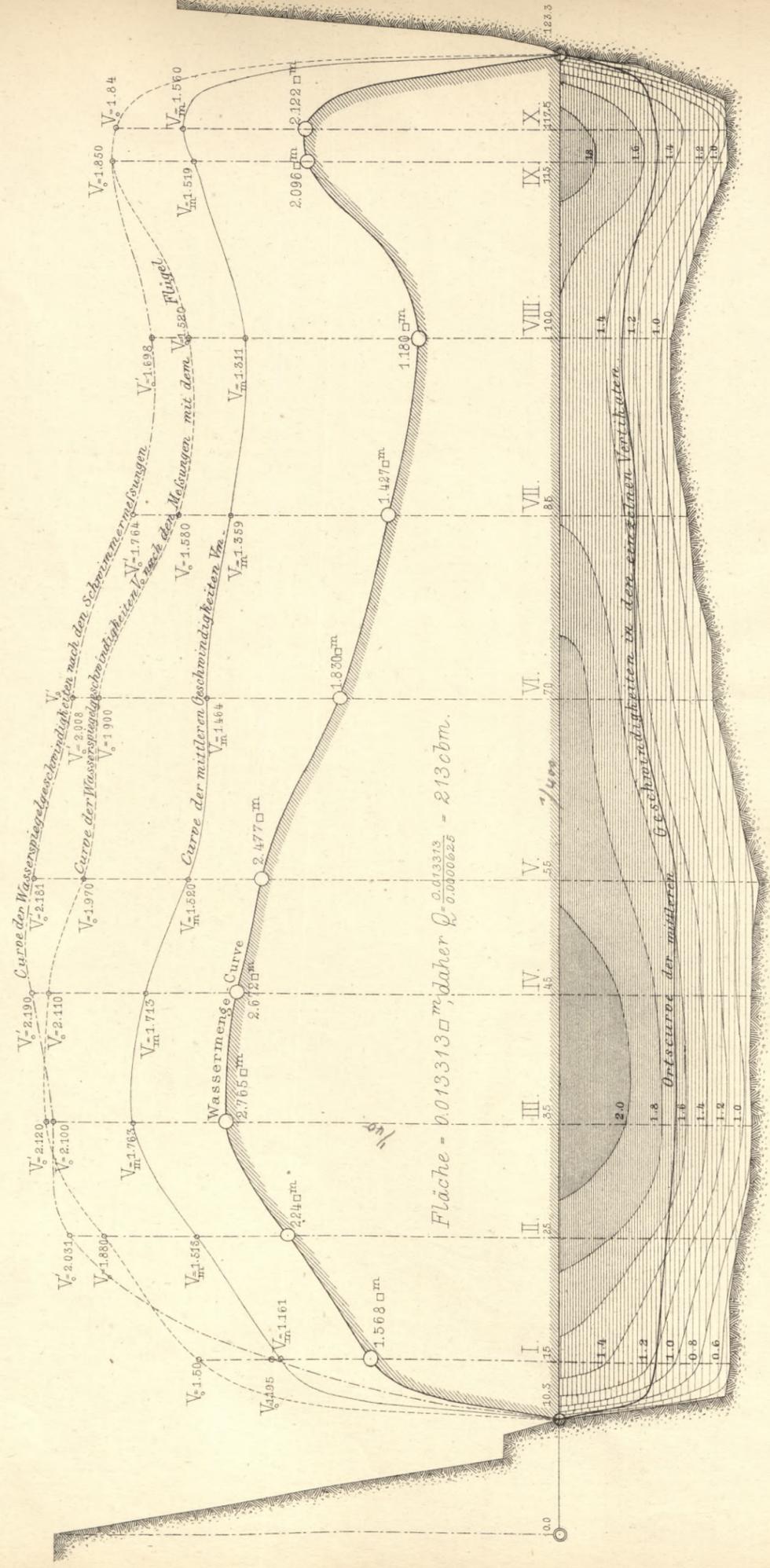


Bemerkung: Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die Coten des rechtseitigen Wasserspiegels. - Der Reisacher Pegel steht im Messungsprofil (Km. 8 D + 110^m). -

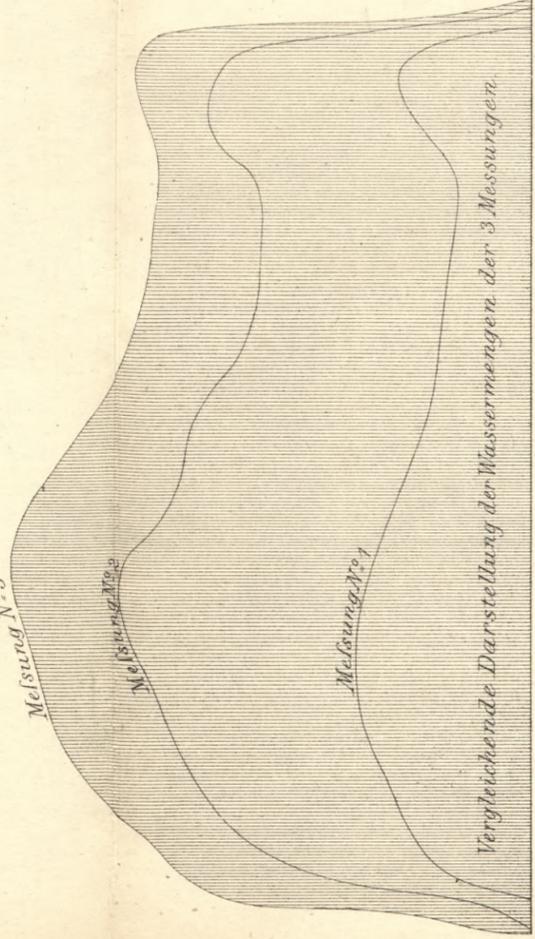


Bestimmung der Wassermenge, Curven der mittleren Geschwindigkeiten, der Wasserspiegelgeschwindigkeiten und Ortscurven der Geschwindigkeiten von 2 zu 2 dm

Maßstäbe: der Längen 1:400, der Tiefen 1:40, der Geschwindigkeitsflächen 1:40 ($1 \text{ qm} = 0.025 \text{ m}^2$), der Wassermengen $1 \text{ cbm} = 0.0000625 \text{ qm}^3$



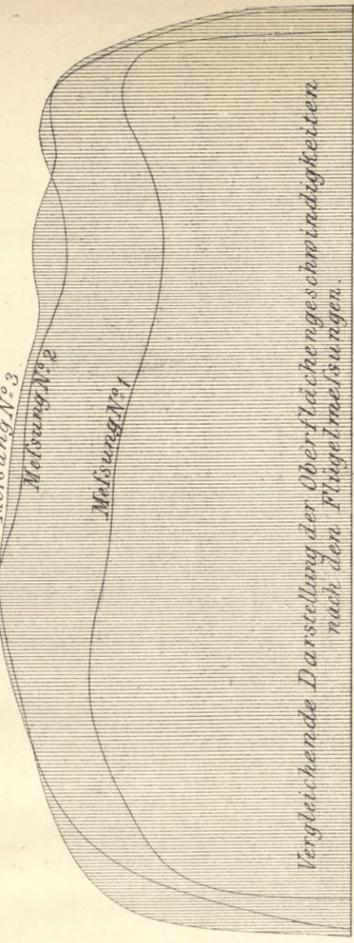
Messung No 3



Vergleichende Darstellung der Wassermengen der 3 Messungen

M. der Längen 1:800, der Höhen 1:100, ($1 \text{ cbm} = 0.000125 \text{ qm}^3$).

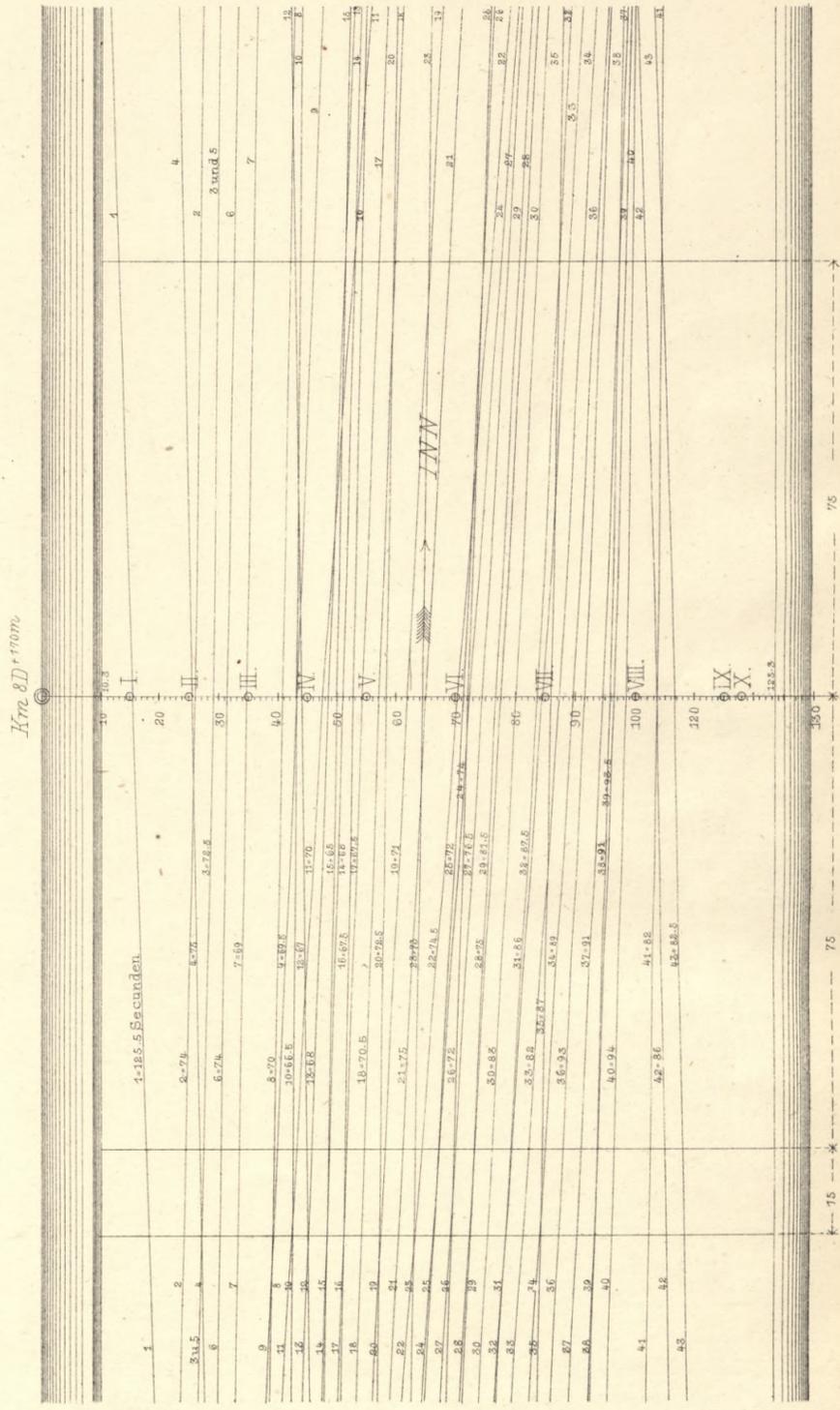
Messung No 2



Vergleichende Darstellung der Oberflächengeschwindigkeiten nach den Flügelmarkierungen

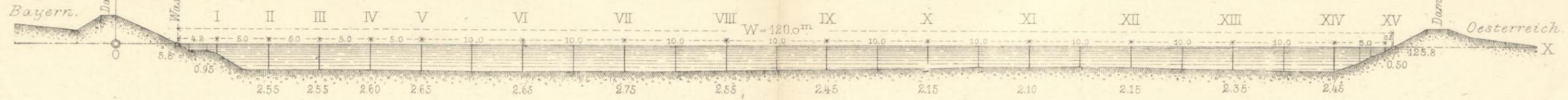
M. der Längen 1:800, der Geschwindigkeiten 1:50.

Darstellung der Schwimmerwege



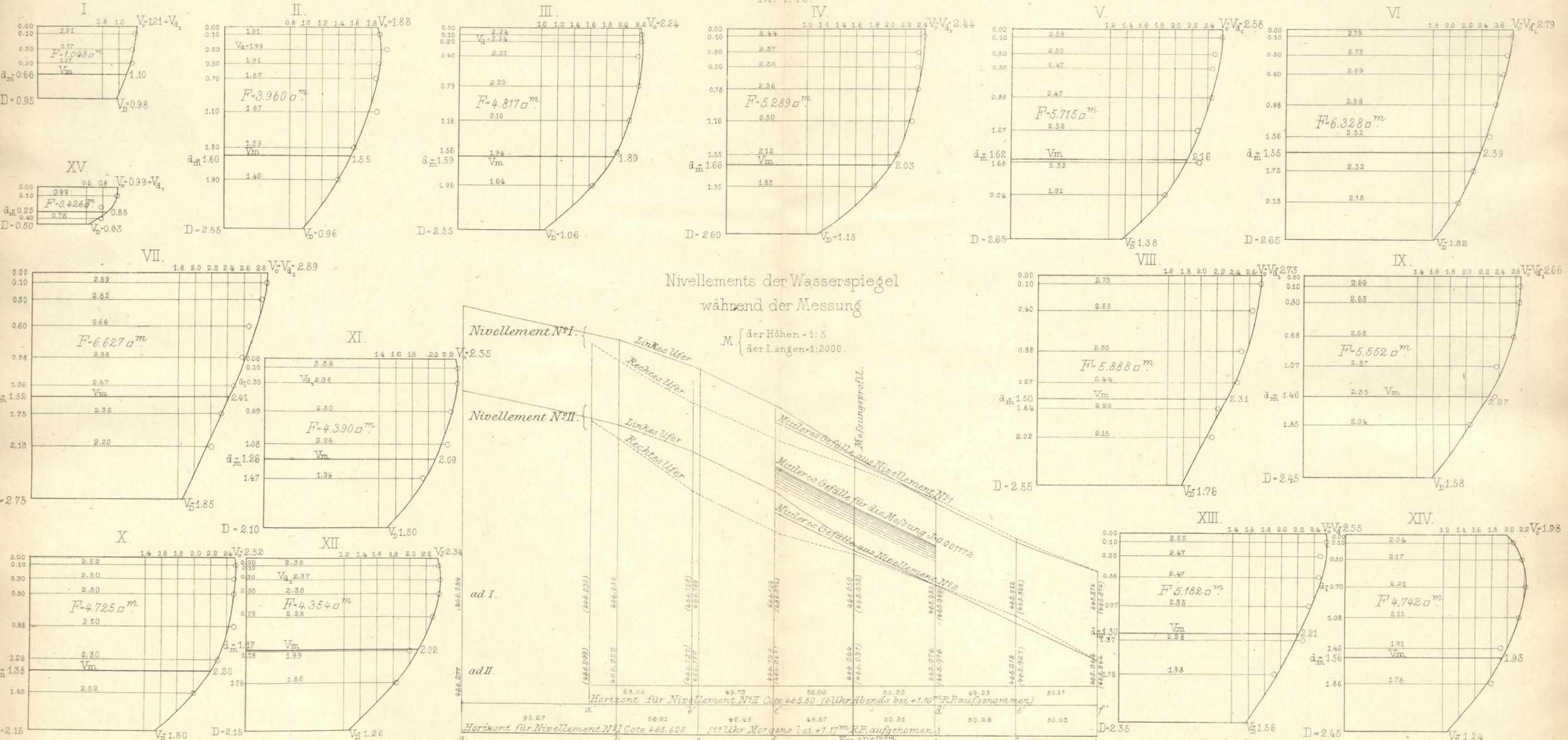
Querprofil.

M = 1:400.



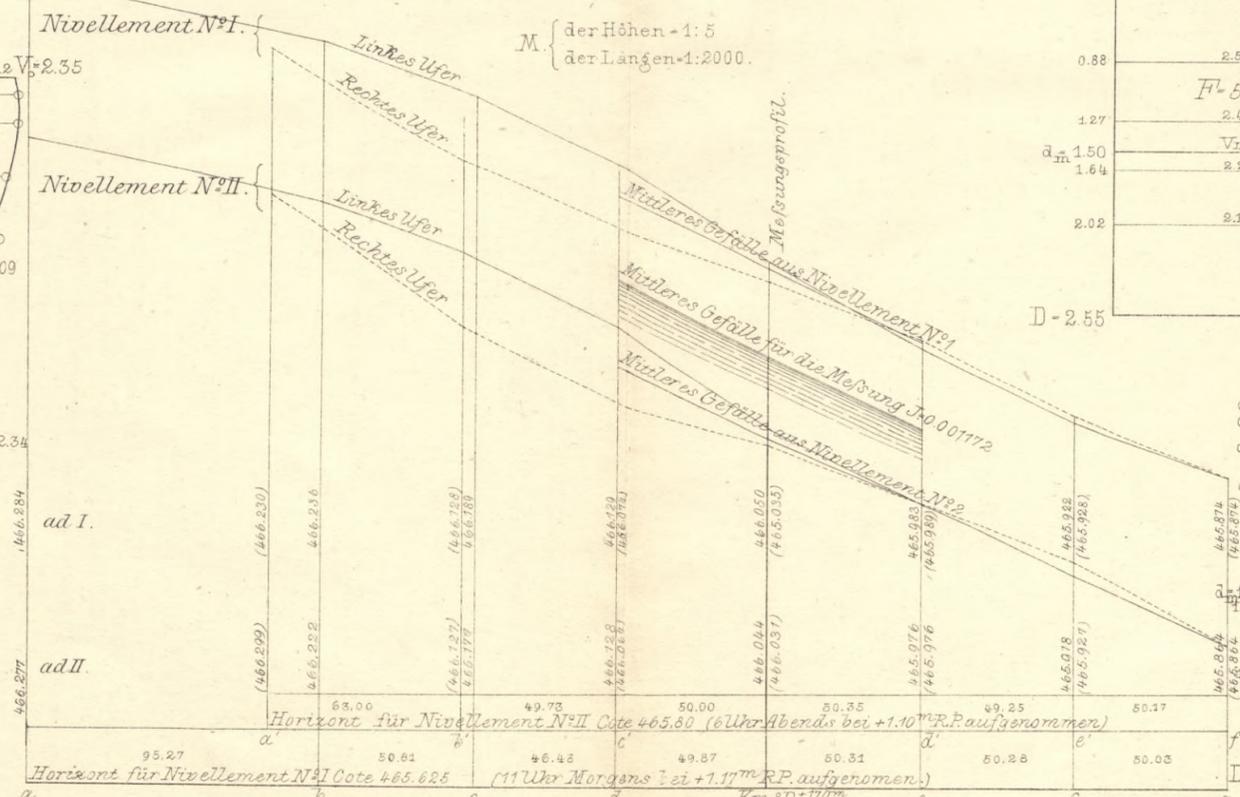
Vertikal-Geschwindigkeitscurven.

M = 1:40.



Nivellements der Wasserspiegel während der Messung

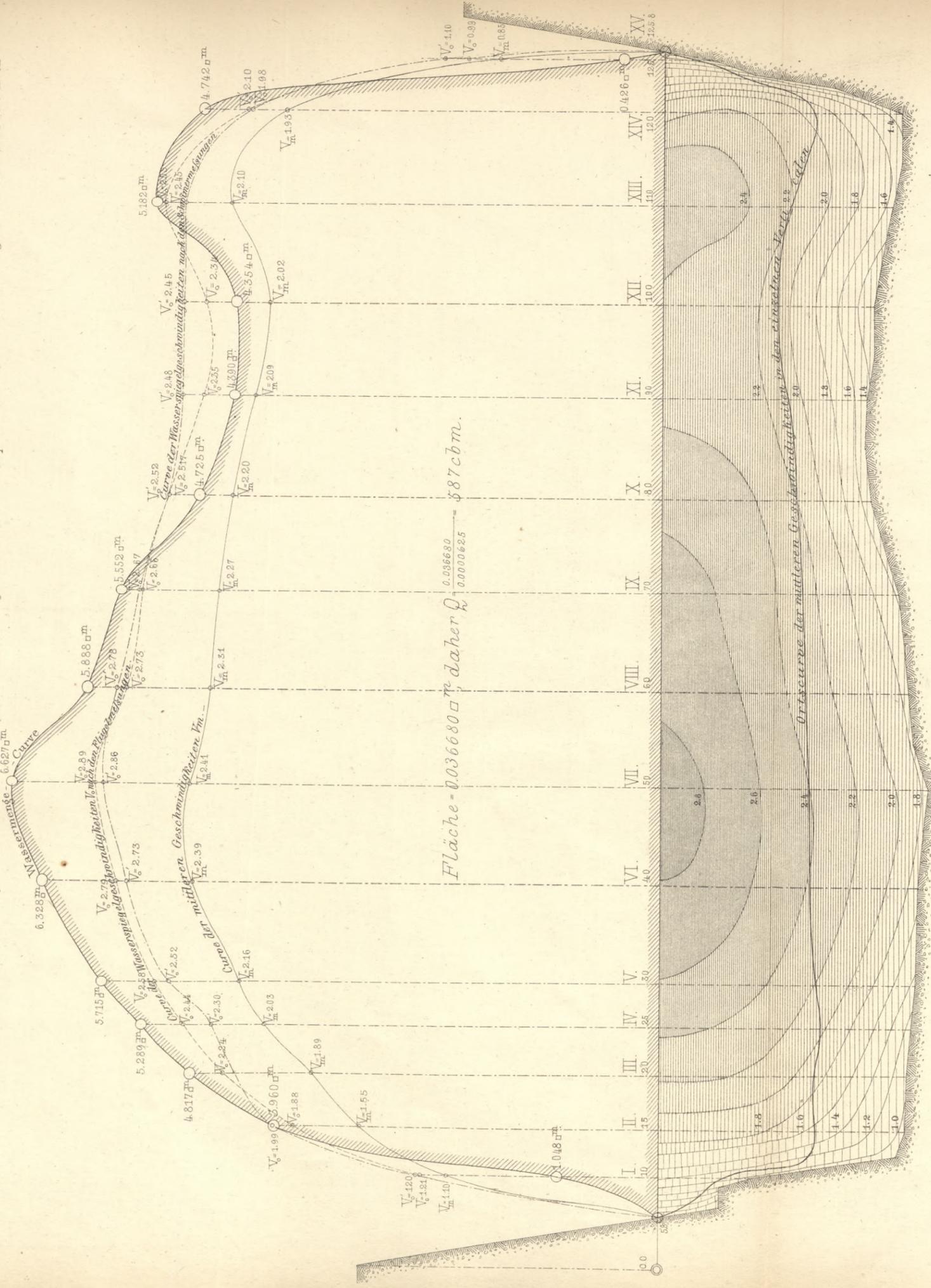
M { der Höhen = 1:5
der Längen = 1:2000.



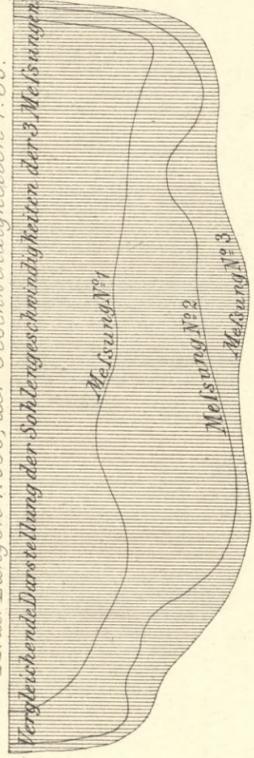
Bemerkung. Die eingeklammerten Zahlen sind die Coten für den rechtsseitigen Wasserspiegel.

Bestimmung der Wassermenge, Curven der mittleren Geschwindigkeiten, der Wasserspiegelgeschwindigkeiten und Ortscurven der Geschwindigkeiten von 2 zu 2 dm.

Maßstäbe: der Längen 1:40, der Tiefen 1:40, der Geschwindigkeitsflächen 1:40 ($1 \text{ qm} = 0.005 \text{ m}^3$), der Wassermengen 1 cbm = 0.0000625 q m^3 .



M. der Längen 1:800, der Geschwindigkeiten 1:50.

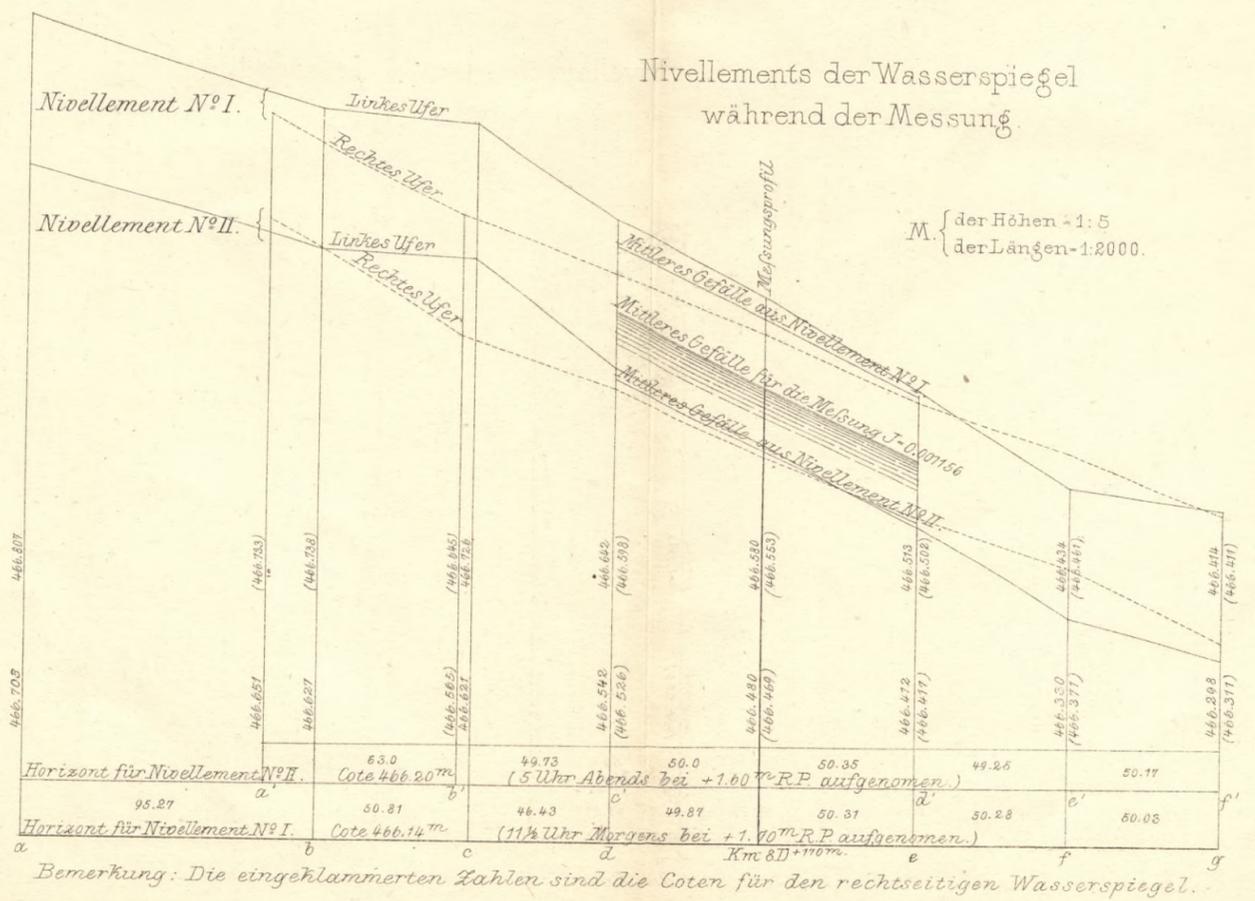
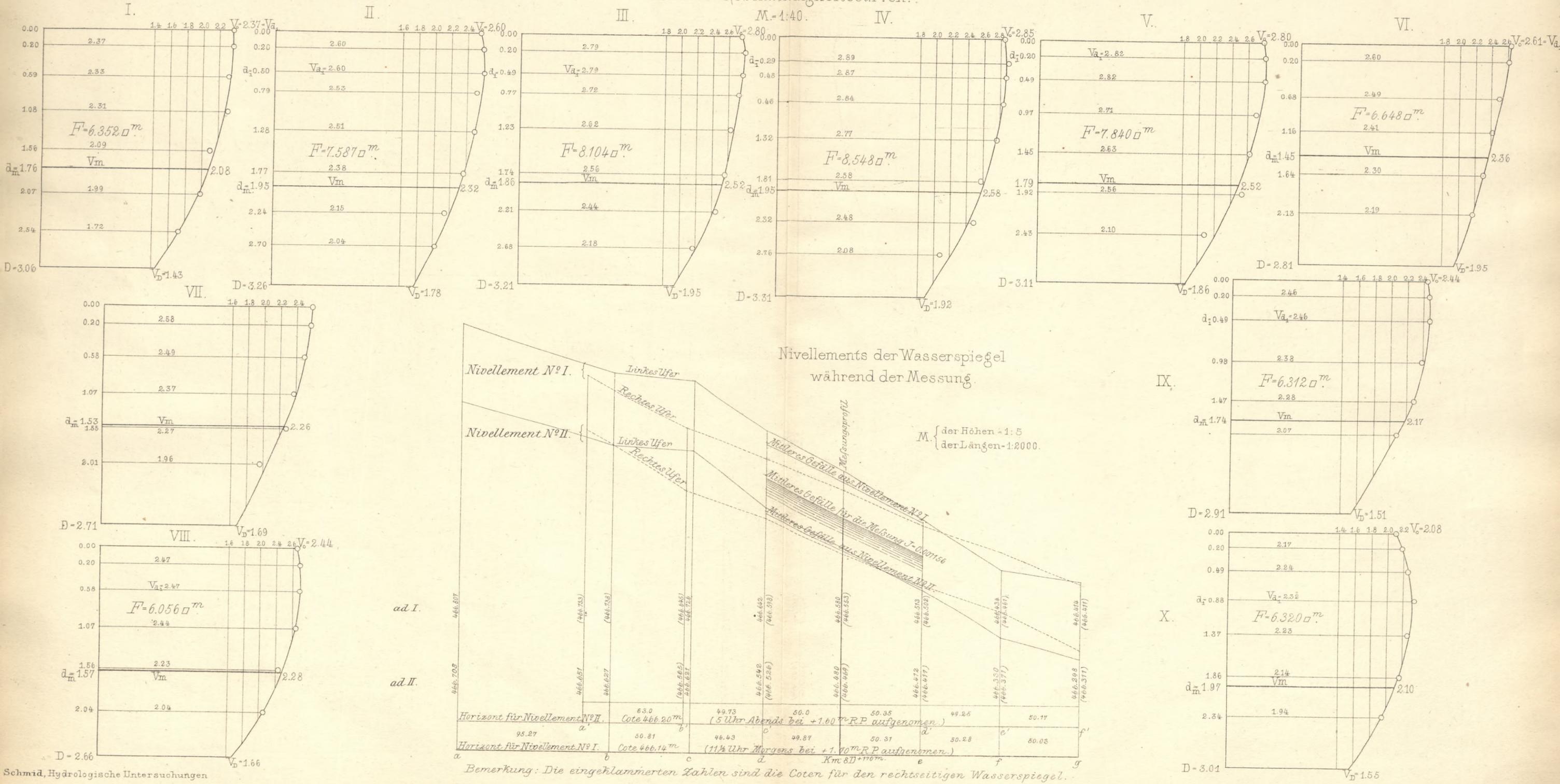


Darstellung den Km. 8 Dr. 110 m. Schwimmerwege.

1-126 Sekunden	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															



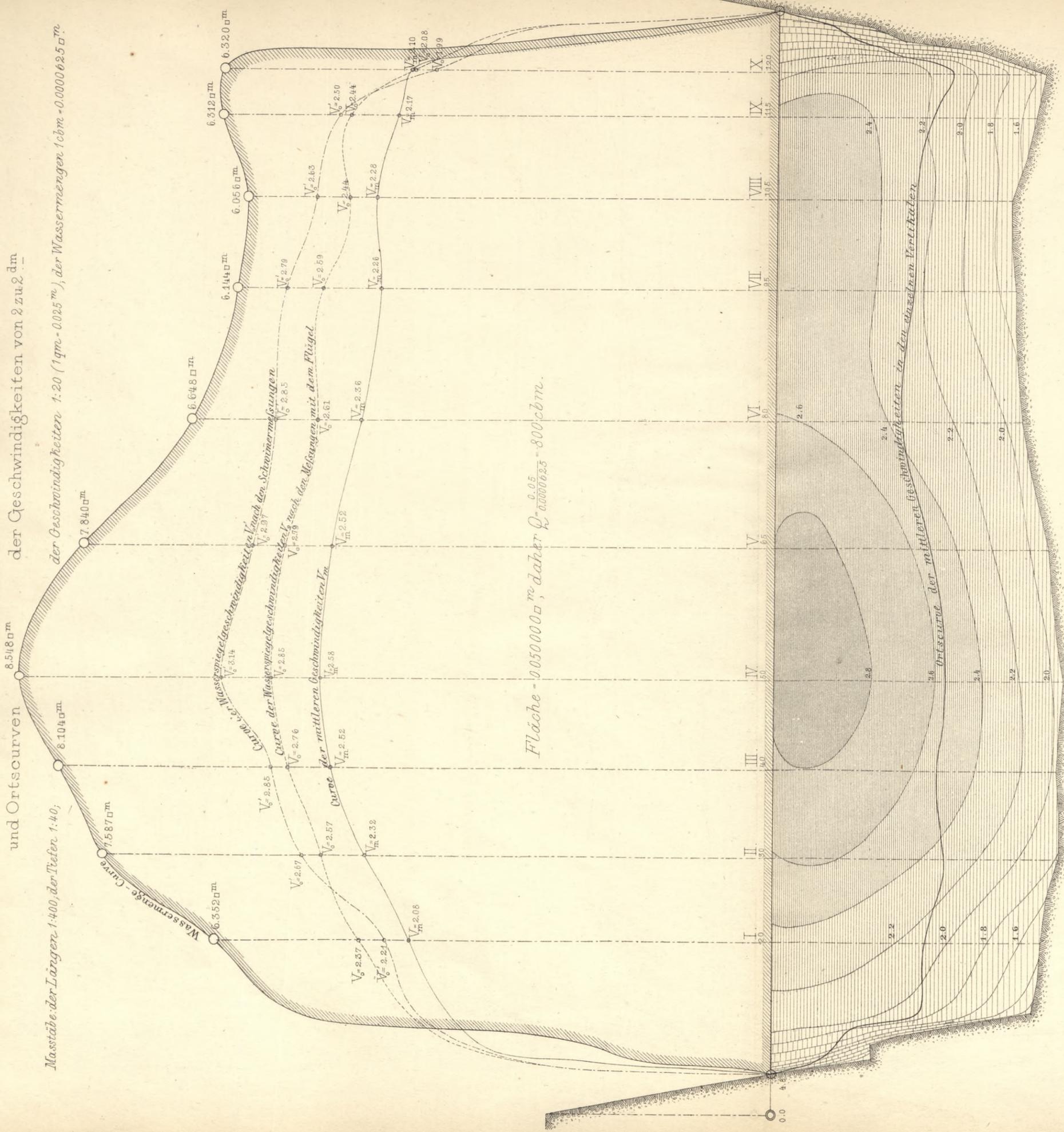
Vertikal-Geschwindigkeitcurven.



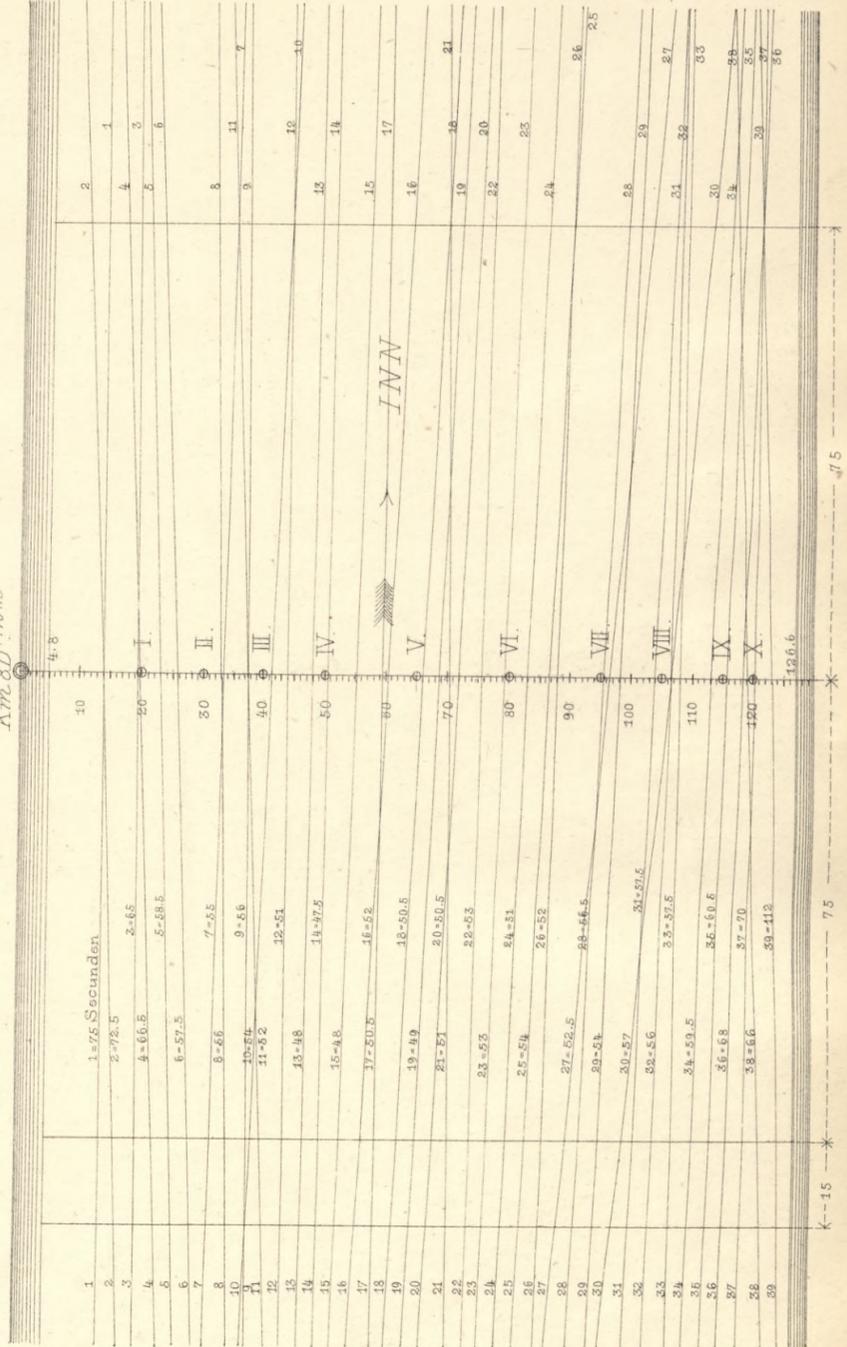
Bestimmung der Wassermenge, Curven der mittleren Geschwindigkeiten, der Wasserspiegelgeschwindigkeiten und Ortscurven

der Geschwindigkeiten von 2 zu 2 dm

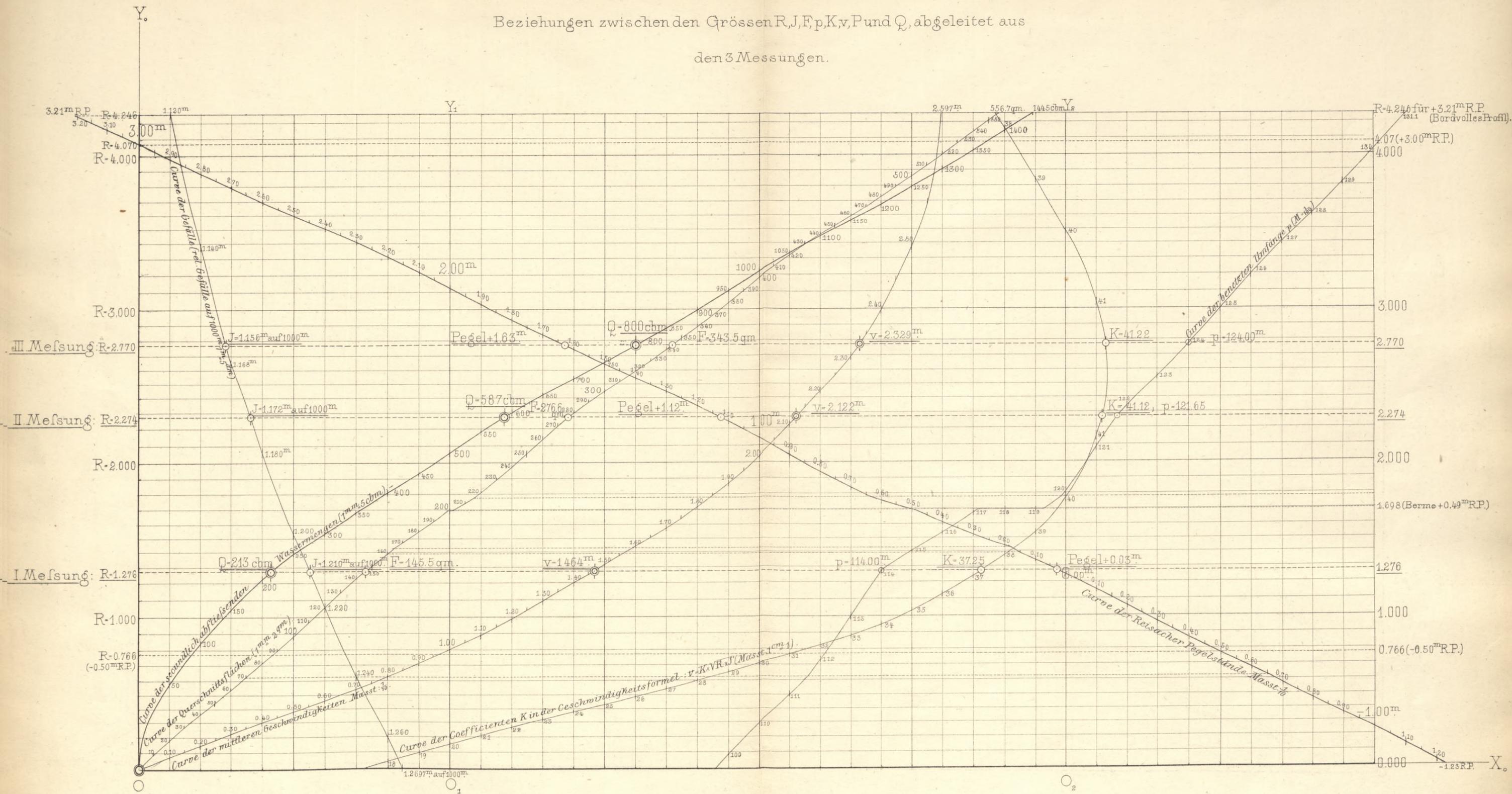
Maßstäbe der Längen 1:40, der Tiefen 1:40, der Geschwindigkeiten 1:20 (1qm = 0.0025 m³), der Wassermengen 1cbm = 0.0000625 m³



Darstellung der Schwimmerwege



Beziehungen zwischen den Grössen R, J, F, p, K, v, P und Q, abgeleitet aus den 3 Messungen.



Bemerkung: Die Curven Q, v und F sind auf das Coordinatensystem X₀-Y₀ bezogen. - Die Abscissenaxe der Curven J, K, p und P (Pegelcurve) ist OX₀. - Die Ordinatenaxe für die Curve K ist parallel OY₀ in - 0.10 m Entfernung von O, Y₀. - Die Ordinatenaxe der Curve p ist O, Y₁, die der Pegelcurve O, Y₂. - Der Ordinate R (Profilradius) entsprechen die Abscissen für Q, v, F, J, p, P und K. - Die Masstäbe der Curven stehen neben der Bezeichnung der Curven.

CONSUMPTIONSMESSUNG AM INN BEI REISACH.

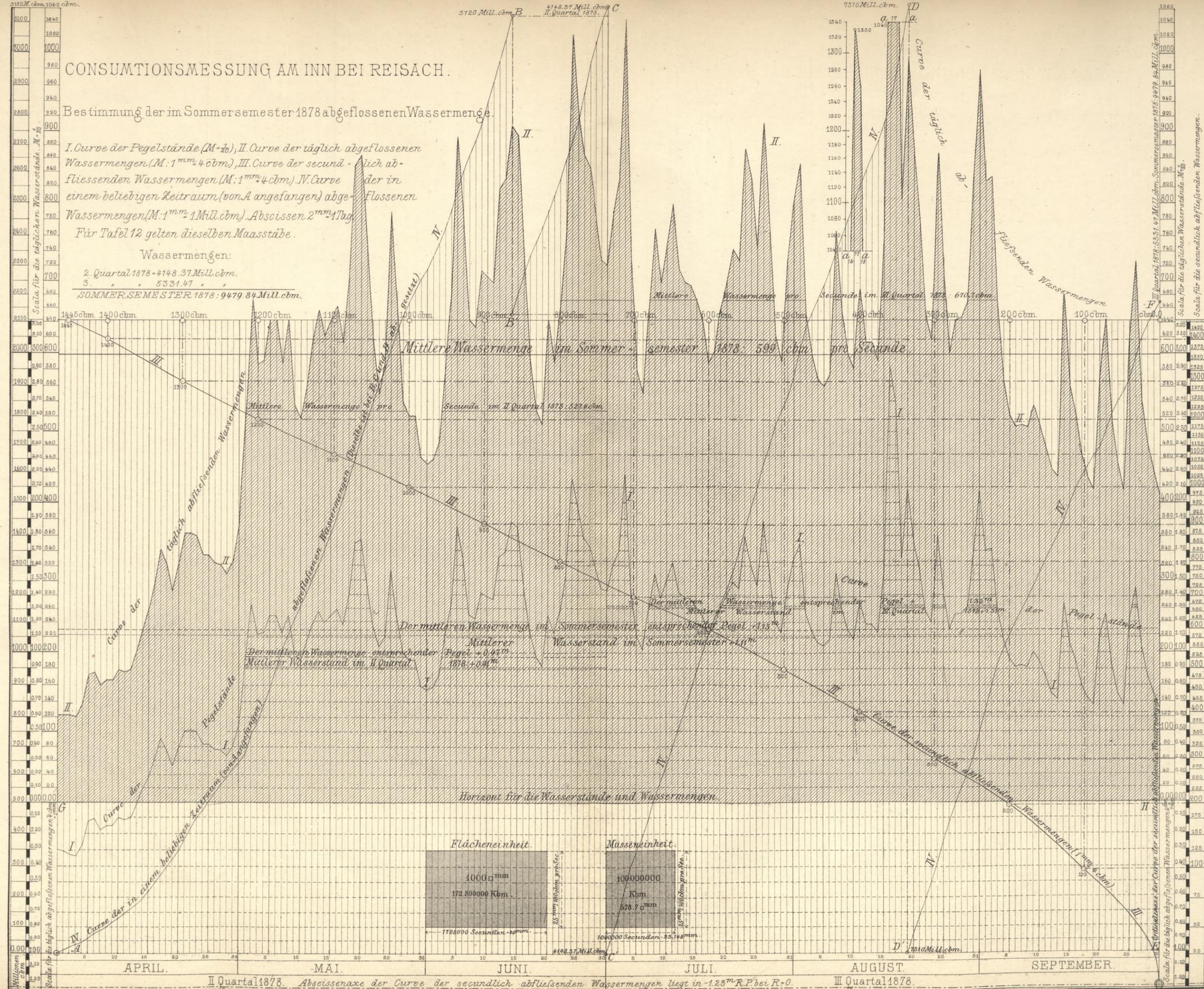
Bestimmung der im Sommersemester 1878 abgeflossenen Wassermenge.

I. Curve der Pegelstände (M=70), II. Curve der täglich abgeflossenen Wassermengen (M: 1^{mm} = 4 cbm), III. Curve der secundlich abfließenden Wassermengen (M: 1^{mm} = 4 cbm), IV. Curve der in einem beliebigen Zeitraum (von A angefangen) abgeflossenen Wassermengen (M: 1^{mm} = 1 Mill.cbm). Abscissen 2^{mm} = 1 Tag.

Für Tafel 12 gelten dieselben Maasstäbe.

Wassermengen:

2. Quartal 1878 - 4148.31 Mill.cbm.
 3. " " " " 5331.47 " "
 SOMMERSEMESTER 1878: 9479.84 Mill.cbm.



CONSUMPTIONSMESSUNG AM INN BEI REISACH.

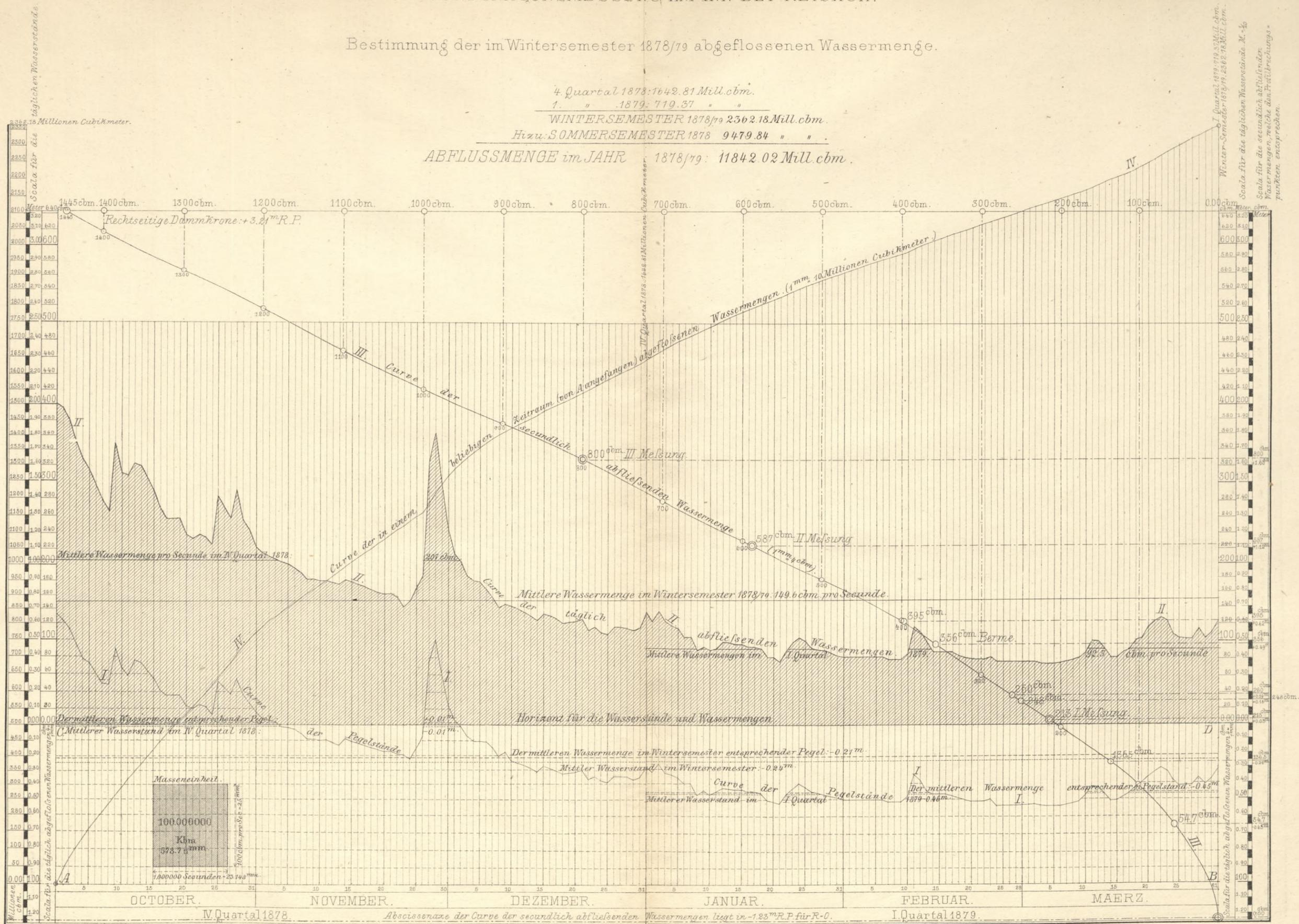
Bestimmung der im Wintersemester 1878/79 abgeflossenen Wassermenge.

4. Quartal 1878: 1642.81 Mill. cbm.
1. " 1879: 719.37 " "

WINTERSEMESTER 1878/79 2362.18 Mill. cbm.

Hizu. SOMMERSEMESTER 1878 9479.84 " "

ABFLUSSMENGE im JAHR 1878/79: 11842.02 Mill. cbm.





S. 61

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw. 18721

Dr. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300508