



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Das Feldmessen

Schewior, Georg

Leipzig, 1917

1. Punktmessung

[urn:nbn:de:hbz:466:1-97252](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-97252)

$$v_3 = 0,275 \cdot 3,0 \quad \text{und} \quad v_4 = 0,275 \cdot 4,0 \\ = 0,825 \text{ m.} \quad \quad \quad = 1,100 \text{ m.}$$

Die Geschwindigkeitspunkte werden in das Netz eingetragen und verbunden. Mit Hilfe der vorstehenden Zahlentafel werden sodann die Werte der Gleichung I. berechnet, und zwar ist für:

$$n = 0,00 \quad - 0,10 \quad - 0,20 \quad - 0,30 \quad - 0,40 \quad - 0,50 \quad - 0,60 \quad - 0,70 \quad - 0,80 \quad - \\ \quad \quad \quad 0,90 \quad - 1,00 \quad - 1,20 \quad - 1,40 \quad - 1,60 \quad - 1,90 \\ v = 0,035 \quad - 0,056 \quad - 0,079 \quad - 0,103 \quad - 0,127 \quad - 0,152 \quad - 0,177 \quad - 0,202 \quad - 0,229 \quad - \\ \quad \quad \quad 0,255 \quad - 0,281 \quad - 0,334 \quad - 0,388 \quad - 0,441 \quad - 0,522.$$

Die Verbindungslinie der in die Zeichnung übertragenen Punkte gibt mit der früher gezeichneten Geraden von $n = 1,9$ ab die gesuchte Schaulinie der Eichung. Die Ablesung der Wassergeschwindigkeit wird in der Regel bis auf Zentimeter ausreichen.

Die Zahlenwerte (siehe vorstehend) können auch mit Vorteil der Aufstellung einer Zahlentafel dienen, die für runde Umlaufzahlen n die zugehörigen Geschwindigkeiten v aufweist.

γ) Das Meßverfahren.

Von wesentlicher Bedeutung für die Ermittlung der Wassergeschwindigkeit ist die Wahl des Flußquerschnittes, in welchem die Messung vor sich gehen soll. Es ist vor allem darauf zu achten, daß der Querschnitt in einer möglichst regelmäßigen, nahezu geraden, von Stauwirkungen unbeeinflussten Flußstrecke liegt, die von Einbauten, Inseln und Pflanzenwuchs frei ist, bei allen Wasserständen dieselbe Querschnittsform zeigt und dieselbe Lage des Stromstrichs („Der Wasserbau“, Bd. I, S. 46) hat und eine möglichst unveränderliche Sohle sowie ein gleichmäßiges Gefälle aufweist. Die Messungen sind stets mit großer Sorgfalt auszuführen; das gilt nicht allein für die Bestimmung der Wassergeschwindigkeit, sondern insbesondere auch für die Aufnahme der Querschnittsfläche des Flußlaufes, über die schon Seite 95 und 99 das Erforderliche mitgeteilt ist.

Je nach der Genauigkeit, die man der in Betracht kommenden Arbeit zugrunde zu legen hat, ist das einzuschlagende Verfahren mehr oder minder einfach.

1. Punktmessung. Das beste Ergebnis erzielt man durch Feststellung der an einzelnen Stellen des Flußquerschnittes herrschenden Wassergeschwindigkeit, indem man in nicht weit voneinander abstehenden Lotrechten 1, 2, 3 (Abbil. 288) dicht über der Fußsohle, in zwei oder mehr Punkten zwischen Sohle und Wasserspiegel, sodann schließlich nahe unter diesem je eine Geschwindigkeitsmessung vornimmt. Bei der Auswahl der Meß-Lotrechten ist auf die Gestaltung des Flußbettes Rücksicht zu nehmen; man verlege sie in die Brechpunkte der Ufer und der Sohle (Abbil. 288), stets eine von ihnen aber in den Stromstrich. Es ist daher angebracht, den Querschnitt, wenn auch vielleicht nur roh, vorher aufzunehmen und aufzutragen, um hiernach die Lage der Lotrechten einzurichten. In keinem Falle sollte planlos vorgegangen werden.

Gleichzeitig mit den Geschwindigkeitsmessungen erfolgt in der Regel die genaue Aufnahme des wasserführenden Querschnittes, die sich beide sehr einfach vollziehen, wenn von einem Messungssteg*) (s. a. S. 97) die Arbeiten geleitet werden können. Längs eines gespannten Meßbandes oder einer Peilleine (s. S. 98) werden die Flügelbeobachtungen in den ausgewählten Lotrechten vorgenommen. In der Regel wird an der Sohle begonnen, nur wenn hier starker Sandtrieb herrscht, wird dicht unter der Wasseroberfläche angefangen und nach unten zu gearbeitet. Die Meßpunkte einer Lotrechten sollen um nicht weniger als den

Abbildung 288.

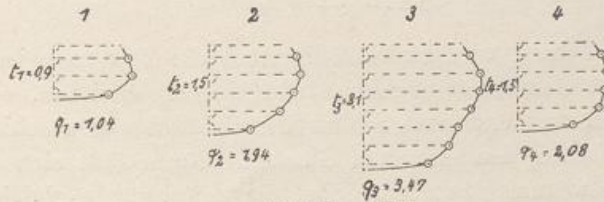
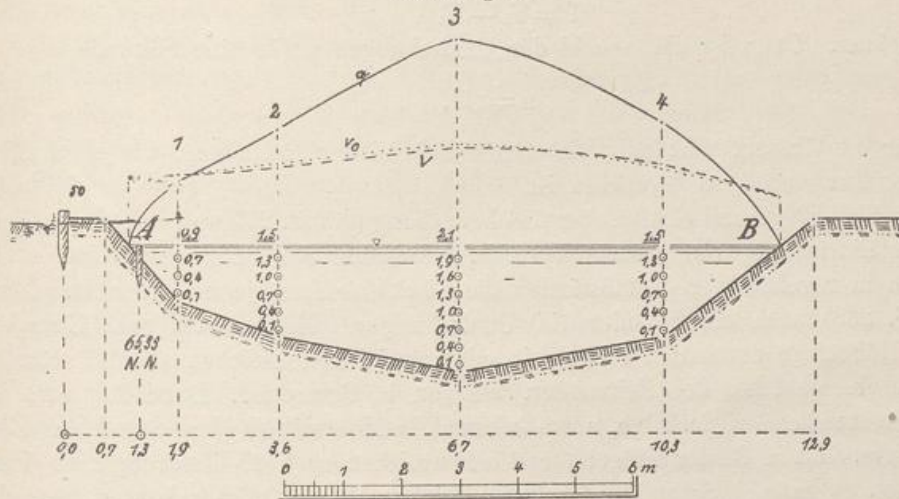


Abbildung 289.

Durchmesser des Schaufelrades, dagegen um nicht mehr als etwa 1 m, im Mittel also um etwa 0,5 bis 0,6 m abstehen.

Der Flügel wird auf der Stange in gewünschter Höhenlage winkelrecht zum wasserführenden Querschnitt gehalten und, wenn es sich um die einfache Einrichtung nach Abbil. 276 handelt, für jeden Meßpunkt zur Entnahme der Umdrehungen aus dem Wasser gehoben. Die Messung soll in jedem Punkte bei ruhiger Strömung wenigstens 1 Minute, bei unruhigem Wasser hingegen 3 bis 5 Minuten dauern. Hierbei wird beim Anziehen der Schnur (s. S. 237) durch einen Druck auf die Krone der Zeitmesser H (Abbil. 277) in Gang gebracht,

*) Ueber schwierigeren Aufnahmen siehe: „Der Wasserbau“ von S. Deutsch, Bd. I des Handbuches des Bauingenieurs, S. 44.

nach Verlauf der obigen Zeit durch Nachlassen der Schnur der Flügel und durch einen zweiten Druck auf die Krone der Zeitmesser außer Tätigkeit gesetzt, worauf die Zahl der Umdrehungen U und die Zeitdauer T (in Sekunden) bestimmt wird. War die Ablesung vor dem Eintauchen des Flügels ins Wasser U_1 , nach der Messung U_2 , so beträgt die Zahl der Umdrehungen:

$$U = U_2 - U_1.$$

Die Zeitdauer T wird am Zeitmesser (Abbil. 277) sofort abgelesen; bei Benutzung einer gewöhnlichen Taschenuhr wird aus T_1 und T_2 der Ablesung beim Anziehen bzw. Nachlassen der Schnur

$$T = T_2 - T_1$$

berechnet. Dann ist die Anzahl der Umdrehungen n für eine Sekunde

$$n = \frac{U}{T},$$

wofür die Wassergeschwindigkeit v entsprechend der Erfahrung, wie oben näher ausgeführt wurde, zu berechnen ist.

Sind Flügel mit elektrischer Glockengebung (Abbil. 279 und weiter) versehen, einer Einrichtung von großem Vorteile, wie schon Seite 238 gesagt ist, so ertönen in regelmäßigen Zeitabständen die Glockenzeichen, je nach der Anordnung (s. S. 238) nach 25, 50 oder 100 Umdrehungen. Man wartet nach Einnahme der Höhenlage durch den Flügel ein oder zwei Glockenzeichen ab und setzt am Ende eines solchen den Zeitmesser, wie vor, in Bewegung. Dann läßt man das Glockenzeichen wiederholen, etwa viermal, und ermittelt den Stand des Zeitmessers. Ist z. B. der Flügel für Glockenzeichen nach 25 Umdrehungen eingerichtet, so hat das Schaufelrad bei vier Zeichen $U = 100$ Umdrehungen gemacht; die dazu gebrauchte Zeit sei T Sekunden, dann ist die Umdrehungszahl

$$n = \frac{100}{T}.$$

Bei einiger Uebung wird zweckmäßig auch die Zeit nach jedem einzelnen Glockenschlage am Zeitmesser abgelesen und niedergeschrieben, ohne den Zeitmesser abzustellen, was erst zum Schluß der Beobachtung geschieht. Aus den Zeitabständen zwischen den einzelnen Glockenschlägen läßt sich ein Aufschluß über die Wasserbewegung gewinnen. Sind die Zeitabstände gleich, so hat man es mit einer gleichmäßigen Wassergeschwindigkeit zu tun, und man kann sich mit einer Beobachtung von etwa einer Minute begnügen. Im anderen Falle ist, was oft eintritt, die Wassergeschwindigkeit unregelmäßig, und die Messung muß auf eine längere Zeit, 3 bis 5 Minuten, ausgedehnt werden, um einen möglichst genauen Mittelwert zu erhalten.

Die letztbeschriebene Beobachtung bietet auch den Vorteil, daß Störungen im Gange der Flügel leicht erkannt werden. Erfolgen die Glockenzeichen in stark verschiedenen Zeitabständen, so zeigt entweder das Schaufelrad oder die elektrische Leitung Mängel. Man hebt den Flügel aus dem Wasser und untersucht, ob etwa Gras, Laub, Aeste oder ähnliches den Gang des Flügels beeinträchtigt. Falls dies nicht zutrifft, kann der Fehler nur an der elektrischen Leitung liegen, deren Verbindungen genau nachzusehen sind. Bei längerer Arbeit in sehr kalkhaltigem Wasser wird der Stromübertrag zwischen Feder und Zahn-

rad (Abbil. 278) bisweilen durch eine dünne Kalkschicht unterbrochen, die mit der Messerspitze vorsichtig wegzuschaben ist. Wird ein Nachlassen der Stromquelle wahrgenommen, so ist diese durch eine neue elektrische Zelle (Element) zu ersetzen.

Ist in sehr schmutzigem oder sandigem Wasser gemessen worden, so ist der Flügel nach dem Gebrauch in reinem Wasser auszuspülen, was wohl stets möglich ist.

Was über die sonstige Behandlung, z. B. bezüglich des Oelens und der Reinhaltung, gilt, wird beim Ankauf des Flügels in einer Anweisung von den Werkstätten bekannt gegeben.

Das Messungsergebnis wird für jede Lotrechte in ein entsprechendes Feldbuch niedergeschrieben, in das auch weiter die Wassergeschwindigkeiten eingetragen werden. Während der Messung ist, worauf besonders hingewiesen sei, streng auf eine eintretende Aenderung der Wasserspiegelhöhe zu achten, da die Ermittlungen durch ein Steigen oder Fallen des Wasserspiegels wesentlich beeinflusst werden. Der Wasserstand wird sehr einfach an einem Eichpflock beobachtet, den man in eine Einbuchtung des Ufers schlägt.

Beispiel 1. Für die Ermittlung der abgeführten Wassermenge ist der Querschnittsplan eines Bachlaufes (Abbil. 288) und das nachstehende Feldbuch gegeben.

Die Lotrechten sind nach einer rohen Feststellung (s. S. 246 unten) in die wesentlichen Brechpunkte des Bachbettes gelegt und ihrer Lage nach durch Längenmessung bekanntgegeben. Die Geschwindigkeitsbestimmungen wurden in der Nähe der Sohle und des Wasserspiegels, sonst in Abständen von 30 cm in den Lotrechten vorgenommen. Das Feldbuch enthält für die Meßpunkte jeder Lotrechten die Zahl der Umdrehungen n für eine Sekunde nach $n = \frac{U}{T}$ (s. o.)

Feldbuch zur Wassergeschwindigkeits-Messung.

Siehe Abbildung 288.

Meßpunkt	$n = \frac{U}{T}$	v/sek m	Meßpunkt	$n = \frac{U}{T}$	v/sek m
Lotrechte 1.			Lotrechte 3.		
0,10	2,98	0,82	0,10	4,04	1,11
0,40	4,80	1,32	0,40	5,42	1,49
0,70	4,62	1,27	0,70	6,04	1,66
Lotrechte 2.			1,00	6,84	1,88
0,10	2,55	0,70	1,30	7,31	2,01
0,40	4,40	1,21	1,60	7,35	2,02
0,70	5,24	1,44	1,90	6,73	1,85
1,00	5,68	1,56	Lotrechte 4.		
1,30	5,46	1,50	0,10	3,24	0,88
			0,40	5,13	1,41
			0,70	5,53	1,52
			1,00	5,68	1,56
			1,30	5,34	1,47

und daneben die entsprechende Wassergeschwindigkeit v/sek , die dem Schaubilde Abbil. 287 entnommen ist.

Die Unveränderlichkeit des Wasserspiegels (s. S. 249 Mitte) wurde während der Messung an einem Eichpflock beobachtet; der Wasserspiegel zeigte die gleichbleibende Höhe 65,33 m über N.N. (s. Abbil. 288).

Um die Wassermenge Q abzuleiten, werden die Geschwindigkeiten für jede Lotrechte aufgezeichnet, indem man als Abscissen die Tiefen, als Ordinaten die Geschwindigkeiten in den Meßpunkten annimmt, siehe die Abbild. 289. Werden sodann die Endpunkte der Ordinaten durch eine stetig verlaufende Linie verbunden, die bis zum Sohlenpunkt, nach oben bis zur Wagerechten durch den Wasserspiegelpunkt gezogen wird, so erhält man in jeder Zeichnung den Schnitt desjenigen Wasserkörpers, der in einer Sekunde durch die betreffende Lotrechte fließt. Wird der Inhalt dieser nach $q_1, q_2, q_3 \dots$ berechnet (Planimeter oder Harfe, s. I. Teil, S. 195 bzw. 201) und im Querschnittsplan (Abbil. 288) auf den Lotrechten vom Wasserspiegel aus nach oben abgetragen, werden weiter die Endpunkte dieser Strecken sowie die Berührungspunkte A und B des Wasserspiegels mit dem Ufer durch eine flüssige Linie verbunden, so stellt diese die „Wassermengenlinie“ q dar. Die von ihr und von dem Wasserspiegel AB eingeschlossene Fläche stellt die gesuchte Abflußmenge Q dar. Sie beträgt hier unter Berücksichtigung des Maßstabes

$$Q = 24,01 \text{ cbm.}$$

Die mittlere Wassergeschwindigkeit v im ganzen Querschnitt F des Flußlaufes läßt sich dann nach

$$v = \frac{Q}{F},$$

$$\text{hier zu} \quad v = \frac{24,01}{16,51} = 1,45 \text{ m}$$

bestimmen.

Vielfach wird aber nach dem eben geschilderten Vorgange die „Wassergeschwindigkeitslinie“ v gezeichnet, indem man die $q_1, q_2, q_3 \dots$ (s. o.) durch die bezüglichen Wassertiefen $t_1, t_2, t_3 \dots$ (s. Abbil. 289) teilt und nach

$$v_m = \frac{q}{t},$$

d. h. die mittlere Geschwindigkeit in der Lotrechten erhält, die sich hier nacheinander ergibt zu:

$$v_{m1} = \frac{q_1}{t_1} = \frac{1,04}{0,90} = 1,16 \text{ m}; \quad v_{m3} = \frac{q_3}{t_3} = \frac{3,47}{2,10} = 1,65 \text{ m};$$

$$v_{m2} = \frac{q_2}{t_2} = \frac{1,94}{1,50} = 1,29 \text{ m}; \quad v_{m4} = \frac{q_4}{t_4} = \frac{2,08}{1,50} = 1,38 \text{ m}.$$

Die gefundenen v_m werden auf den zugehörigen Lotrechten, wie oben die q , abgetragen und die Endpunkte dieser Strecken durch eine sich anschmiegende Linie verbunden. Die Lage der Linie in den Lotrechten durch die Berührungspunkte A und B wird durch Verlängerung der nachstehenden „Oberflächengeschwindigkeitslinie“ v_0 über die Lotrechten 1 bzw. 4 gewonnen. Wird die von dieser und dem Wasserspiegel begrenzte Fläche durch die Wasserspiegel-

breite AB geteilt, so erhält man gleichfalls die mittlere Durchflußgeschwindigkeit v , die im vorliegenden Beispiel

$$v = \frac{15,60}{11,20} = 1,39 \text{ m}$$

beträgt und mit der oben berechneten (s. S. 250) $v = 1,45 \text{ m}$ ziemlich gut übereinstimmt. Man erhält durch dieses Verfahren auch eine gewisse Probe für die richtige Ermittlung der Wassermenge Q , die sich nach F und dem eben berechneten v nochmals ergibt, hier zu

$$Q = F \cdot v = 22,95 \text{ cbm},$$

während nach Seite 250 unmittelbar $Q = 24,01 \text{ cbm}$ gewonnen wurde.

Zur Veranschaulichung der Strömungsverhältnisse pflegt man stets die „Oberflächengeschwindigkeitslinie“ v_0 (Abbil. 288) in dem Querschnittsplane darzustellen. Man trägt die Geschwindigkeit des Wasserspiegels v_0 aus den Schnitten der Abbil. 289 auf den Lotrechten ab und zieht, wie oben angegeben, eine Verbindungslinie. Schließlich wird bisweilen noch das Verhältnis berechnet:

$$b = \frac{v}{v_{0,gr}} = \frac{\text{Mittlere Durchflußgeschwindigkeit}}{\text{Größte Oberflächengeschwindigkeit}}$$

wobei die größte Oberflächengeschwindigkeit dem Querschnittsplan (Abbil. 288) entnommen wird, und

$$c = \frac{\left[q \cdot \frac{v_m}{v_0} \right]^*}{[q]} = \text{der Mittelwert aus den Verhältnissen } \frac{v_m}{v_0} \text{ in den einzelnen}$$

Lotrechten.

Die Kenntnis der beiden Größen b und c ist von Bedeutung, wenn zur Berechnung der Abflußmenge des fraglichen Flußquerschnittes, z. B. bei Hochwasser, nur Messungen der Oberflächengeschwindigkeit vorliegen, was mit Rücksicht auf die stark beschränkte Zeit oft vorkommt. In derartigen Fällen wird meist nur das im Stromstriche gelegene $v_{0,gr}$ beobachtet (siehe hierüber S. 254); dann ergibt sich bei den sonst bekannten Abmessungen des Querschnittes

$$v = b \cdot v_{0,gr}$$

und

$$Q = F \cdot v.$$

Ist es dagegen möglich, die Oberflächengeschwindigkeits-Messungen über den ganzen Querschnitt auszudehnen, so wird im Querschnittsplan (Abbil. 288) nach den Ergebnissen die v_0 -Linie gezeichnet und mit Hilfe dieser nach

$$v_m = c \cdot v_0$$

die v -Linie (Abbil. 288) und hieraus $Q = F \cdot v$ abgeleitet, in der Weise, wie oben mitgeteilt wurde.

Beispiel 2. Etwas größere Abmessungen zeigt der Flußlauf nach Abbil. 290. Die Schnitte in den Lotrechten (s. Abbil. 289) sind hier unmittelbar in den Querschnittsplan eingetragen. Gezeichnet ist nur die „Wassermengenlinie“ q , die zusammen mit dem Wasserspiegel gemäß Seite 250 die Durchflußmenge

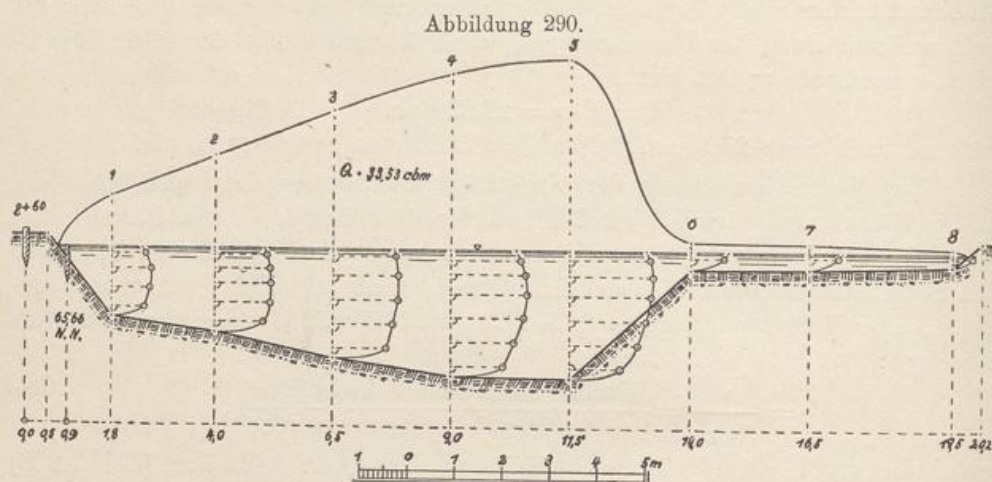
*) Die Klammer $[\]$ bedeutet die Summe aller $q \cdot \frac{v_m}{v_0}$ bzw. im Nenner die Summe aller q .

$$Q = 33,53 \text{ cbm}$$

begrenzt. Die mittlere Durchflußgeschwindigkeit ist hier nach

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{33,53}{27,71} = 1,21 \text{ m}$$

berechnet.



Bei der geringen Wassertiefe in den Lotrechten 6, 7 und 8 wurden die Geschwindigkeitsmessungen nach dem Einpunkt-Meßverfahren vorgenommen, siehe hierüber Seite 253.

2. Fahrtmessung. Entsprechend der Beziehung $v_m = \frac{q}{t}$ nach Seite 250

erhält man $q = v_m \cdot t$, so daß es ohne weiteres zugänglich erscheint, anstelle der Einzelbeobachtungen in den Lotrechten eine Verschmelzung der Messungen eintreten zu lassen, dahingehend, daß die mittlere Geschwindigkeit der Lotrechten unmittelbar beobachtet wird. Dann ist nur die Wassertiefe t mit v_m zu vervielfältigen, um nach $q = v_m \cdot t$ die Wassermengenlinie q gemäß Seite 250 zu erhalten.

Dieses Meßverfahren läßt sich sehr einfach mit Hilfe der in Abbil. 282 dargestellten Flügelanordnung durchführen. Vorausgesetzt wird, daß eine größere Flußtiefe und eine mäßige Wassergeschwindigkeit vorhanden sind.

Der Flügel wird an der Stange mit gleichförmiger Geschwindigkeit vom Wasserspiegel bis zur Sohle und umgekehrt geführt. Aus der Gesamtzahl der auf diesem Wege ermittelten Schaufelumdrehungen und der hierzu erforderlichen Zeit (Zeitmesser Abbil. 277) wird die mittlere Geschwindigkeit zu der Lotrechten

$$v_m \text{ gemäß } \frac{U}{T}$$

nach einem Schaubilde bestimmt und mit der Wassertiefe dem Querschnittsplane beifügt (Abbildung 291).

Eine einwandfreie Messung wird jedoch nur dann erzielt, wenn die Seiltrommel (Abbil. 282) mit einer Ablaufvorrichtung b (Abbil. 283) versehen ist,