

# Ueber Geschwindigkeitsreduktionen bei Wassermessungen

Autor(en): **Reitz, Wilhelm**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **85/86 (1925)**

Heft 19

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-40120>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Ueber Geschwindigkeitsreduktionen bei Wassermessungen. — Kohlenersparnis bei Einführung von Hochdruckdampflokomotiven. — Bahnhof-Wettbewerb Genf-Cornavin. — August und Friedrich Thiersch. — Neue Motorwagen der Lötschbergbahn. — Miscellanea: Eidgenössische Technische Hochschule. Uebertragung der Streckensignale auf die Lokomotive. Strassenbrücke über den Rock River bei Sterling, Jll. Haus

forschung. Wettbewerb für motorlose Flüge. Rhein-Zentralkommission. Conférence internationale des grands réseaux à haute tension, Paris 1925. Schweizer. Elektrotechnischer Verein. — Nekrologie: Alfred Keller, Fritz Wehrli. Giov. Rusca. — Konkurrenzen: Turnhalle und Verwaltungs-Gebäude in Ennetbaden. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizer. Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Band 85. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 19

### Ueber Geschwindigkeitsreduktionen bei Wassermessungen.

Von Ingenieur WILHELM REITZ, Leiter der hydrographischen Landesabteilung für Steiermark in Graz.

Eine Wassermessung wird, wie bekannt, in der Weise durchgeführt, dass die Geschwindigkeit des Wassers entweder in einer grössern Zahl über den ganzen Querschnitt verteilter Punkte — Vollmessung — oder in nur wenige cm unter der Oberfläche liegenden Punkten — Oberflächmessung — gemessen wird. Die zweite, wenig Zeit erfordernde Messungsart wird vorwiegend bei höhern Wasserständen angewendet, sei es um grössere Wasserstandschwankungen während der Messung zu vermeiden oder um die oft bedeutenden Schwierigkeiten einer Vollmessung zu umgehen. Um hierbei aus den gemessenen Oberflächengeschwindigkeiten  $u_0$  die mittlere Profilgeschwindigkeit  $\bar{u}$  abzuleiten oder direkt den Durchfluss

$$Q = \bar{u} F$$

worin  $F$  die Querprofilfläche bedeutet, zu berechnen, wurde eine grössere Anzahl von Formeln aufgestellt, wovon nur einige besprochen werden sollen.

In der Schweiz wird das Geschwindigkeitsverhältnis in der Lotrechten herangezogen.<sup>1)</sup> Bezeichnet  $u_m$  die mittlere Geschwindigkeit,  $u_0$  die Oberflächengeschwindigkeit in ein und derselben Lotrechten und  $f$  die Fläche des Vertikalgeschwindigkeiten-Polygones, so bildet man

$$e = \frac{\sum \left[ f \frac{u_m}{u_0} \right]}{\sum f} \dots \dots \dots (1)$$

$e$  ist also ein Mittelwert für alle Lotrechten bei einem bestimmten Wasserstande. Die  $e$  werden nun mit den Wasserständen in Beziehung gebracht oder, falls dies unmöglich, gemittelt. Bestimmt man dann bei einem höhern Wasserstande die  $u_0$  und die zugehörigen Tiefen  $t$ , so bekommt man die Werte der Vertikalgeschwindigkeitsflächen  $f$  aus:

$$f = e t u_0 \dots \dots \dots (2)$$

und daraus, in bekannter Weise, den Durchfluss und die mittlere Profilgeschwindigkeit.

Da die Werte  $\frac{u_m}{u_0}$  stark schwanken, so sind die aus (2) berechneten  $f$  nur Näherungswerte.

In Bayern wird für Geschwindigkeitsumrechnungen die Formel

$$\frac{\bar{u}}{(u_0)} = n \dots \dots \dots (3)$$

verwendet.<sup>2)</sup> Hierin bedeuten:

- $\bar{u}$  die mittlere Profilgeschwindigkeit,
- $(u_0)$  die gemittelte Oberflächengeschwindigkeit und
- $n$  eine aus Vollmessungen im gleichen Profile berechnete Konstante.

Bedeutet  $B$  die Wasserspiegelbreite, so ist die gemittelte Oberflächengeschwindigkeit zu bestimmen aus

$$(u_0) = \frac{\sum (u_0 \Delta B)}{B} \dots \dots \dots (4)$$

Die Genauigkeit der Formel (3) ist nicht gross, was daher kommt, dass bei Berechnung von  $(u_0)$  nach Formel (4) den Geschwindigkeiten über seichten und tiefen Profilstellen gleiches Gewicht beigelegt wird.

In Oesterreich benützt man zur Umrechnung den Wert;

$$\eta = \frac{\sum (f u_m)}{\sum (f u_0)} = \frac{Q}{\sum (f u_0)} \dots \dots \dots (5)$$

In dieser Formel bedeutet aber  $f$  nicht die Fläche der Vertikalgeschwindigkeits-Kurve, sondern den Ausdruck  $(f = t \Delta B)$ , also das Element der Querprofilfläche. Für

<sup>1)</sup> Die Entwicklung der Hydrometrie in der Schweiz, Bern 1907.

<sup>2)</sup> Anleitung zur Ausführung und Ausarbeitung von Wassermessungen, bearbeitet vom hydrotechnischen Bureau München. München 1909.

die weitere Berechnung wird ein gemitteltetes  $\eta$  verwendet oder  $\eta$  als Funktion des Wasserstandes dargestellt.

Dem  $\eta$  haften ebenfalls grosse Fehler an, sodass der Durchfluss  $Q = \eta \sum (f u_0) \dots \dots \dots (6)$  häufig Unsicherheiten bis zu 10% aufweist.

Hier kann nicht unerwähnt bleiben, dass R. Siedek eine empirische Formel aufgestellt hat, um aus der mittlern Oberflächengeschwindigkeit

$$\bar{u}_0 = \frac{\sum (f u)}{F} \dots \dots \dots (7)$$

die mittlere Profilgeschwindigkeit

$$\bar{u} = \frac{\sum (f u_m)}{F} = \frac{Q}{F} \dots \dots \dots (8)$$

zu bestimmen, ohne sich auf Vollmessungen stützen zu müssen. Nach Siedek sind die Profiltiefe  $B$  und die mittlere Tiefe  $T > 0,8$  m und  $< 2,0$  m

$$\bar{u} = \bar{u}_0 \sqrt{\frac{T^2}{B}} \dots \dots \dots (9)$$

Für  $T > 2,0$  m wird

$$\bar{u} = \frac{\bar{u}_0 + 0,4}{1,2} \sqrt{\frac{T^2}{B}} \dots \dots \dots (10)$$

Ich habe die Siedek'sche Formel auf 87 Vollmessungen angewendet und den mittlern Fehler zu 3,94% gefunden; der grösste Fehler war 9,1%.

Hält man sich vor Augen, dass bei einer mit der erforderlichen Sorgfalt durchgeführten Vollmessung der Fehler des Durchflusses unschwer unter 1% gehalten werden kann, so muss die mit den bisherigen Methoden der Geschwindigkeitsreduktion erreichbare Genauigkeit als ungenügend bezeichnet werden. Ich will nun eine Methode der Geschwindigkeitsumrechnung zeigen, die wesentlich bessere Ergebnisse zu erreichen gestattet.

Beabsichtigt man für ein Flussprofil eine vollständige, also auch für Hochwasser gültige Durchflusskurve aufzustellen, so wird man ein möglichst regelmässiges, in einer geraden Flusstrecke gelegenes Profil wählen. Dann kann man die verschiedenen Wasserständen entsprechenden Querschnitte in erster Näherung als ähnlich auffassen.

Die mittlere Profilgeschwindigkeit bei dem Wasserstande  $h$  sei  $\bar{u}$ , jene bei  $h$  aber  $\bar{u}'$ . Nach der Lehre von den Dimensionen ist

$$\bar{u} = [l t^{-1}] \text{ und } \bar{u}' = [l' t'^{-1}] \dots \dots \dots$$

Setzt man

$$l' = \lambda l \text{ und } t' = \tau t$$

so wird

$$\bar{u}' = \frac{\lambda}{\tau} \bar{u} \dots \dots \dots (11)$$

Diese Gleichung gilt aber auch für die korrespondierenden mittlern Oberflächengeschwindigkeiten, daher ist

$$\bar{u}'_0 = \frac{\lambda}{\tau} \bar{u}_0 \dots \dots \dots (12)$$

worin die mittlern Oberflächengeschwindigkeiten nach

$$\bar{u}_0 = \frac{\sum (f u_0)}{F} \dots \dots \dots (13)$$

( $f$  ist das Element der Querprofilfläche) zu berechnen sind. Aus (11) und (12) folgt:

$$\bar{u}' = \frac{\bar{u}}{\bar{u}_0} \bar{u}'_0$$

Setzt man

$$\frac{\bar{u}}{\bar{u}_0} = k$$

und, um der unvollkommenen Aehnlichkeit der durchflossenen Querschnitte Rechnung zu tragen, für den Ex-

Fluss	Messprofil	Einzugs-Gebiet km <sup>2</sup>	Jahr der		Wasser-standsbe-reich der Messungen cm	Reduktionsgleichung Korrelationsfaktor und sein Fehler	Zahl der Messun-gen	Mittl. Fehler der berech. $\bar{u}$	
			ersten	letzten				in cmsek <sup>-1</sup>	in %
			Messung						
Donau	Engelhartzell	76929	1902	1904	225	$\log \bar{u} = 0,56448 \log \bar{u}_0 + 0,8780$ $r = 0,98960 \pm 0,01035$	4	$\pm 1,8$	$\pm 1,41$
Inn	Innsbruck	5798	1900	1900	208	$\log \bar{u} = 0,94094 \log \bar{u}_0 + 0,0676$ $r = 0,99975 \pm 0,00020$	3	$\pm 1,7$	$\pm 1,09$
Enns	Schladming	509	1908	1914	89	$\log \bar{u} = 0,97072 \log \bar{u}_0 - 0,0008$ $r = 0,99975 \pm 0,00015$	3	$\pm 0,3$	$\pm 0,22$
	Enns	6082	1901	1904	109	$\log \bar{u} = 1,04734 \log \bar{u}_0 - 0,1843$ $r = 0,99772 \pm 0,00073$	7	$\pm 2,6$	$\pm 1,27$
Mur	Judendorf	6934	1919	1922	87	$\log \bar{u} = 1,15403 \log \bar{u}_0 - 0,4068$ $r = 0,99763 \pm 0,01796$	5	$\pm 2,0$	$\pm 1,40$
Liesing	Liesingtal	332	1910	1912	31	$\log \bar{u} = 0,69847 \log \bar{u}_0 + 0,4821$ $r = 0,99988 \pm 0,00009$	3	$\pm 0,3$	$\pm 0,33$
Mürz	Diemlach	1361	1910	1911	71	$\log \bar{u} = 1,05095 \log \bar{u}_0 - 0,1486$ $r = 0,99984 \pm 0,00003$	4	$\pm 0,7$	$\pm 0,64$
Drau	Villach	5271	1899	1909	120	$\log \bar{u} = 0,90284 \log \bar{u}_0 + 0,1044$ $r = 0,99728 \pm 0,00271$	4	$\pm 1,8$	$\pm 2,00$

ponenten von  $\bar{u}_0'$  nicht 1, sondern einen von der Einheit wenig abweichenden Wert  $\nu$ , so bekommt man (die zur Unterscheidung verwendeten Striche können jetzt entfallen)

$$\bar{u} = k \bar{u}_0^\nu \quad (15)$$

Für die Anwendung geeigneter ist die logarithmische Form

$$\log \bar{u} = \nu \log \bar{u}_0 + x \quad (16)$$

Die Berechnung der Konstanten  $\nu$  und  $x$  erfolgt auf Grund von Vollmessungen im selben Profile, wenn irgend möglich mit überschüssigen Beobachtungen. Die Berechnung kann dann nach der Methode der kleinsten Quadrate durchgeführt werden, doch empfehle ich die Korrelationsmethode<sup>1)</sup>, weil sie einen bessern Einblick in die Abhängigkeitsverhältnisse gestattet.

In der Tabelle sind, lediglich als Beispiel, für acht, an sehr verschiedenen Flüssen gelegenen Profilen die Reduktionsgleichungen und die Fehler der mit ihnen berechneten mittlern Profilvergeschwindigkeiten sowie die Korrelationsfaktoren mit ihren Fehlern angeführt.

Aus diesen acht Messungsgruppen folgt der mittlere Fehler der berechneten  $\bar{u}$  zu  $\mu = \pm 1,8$  cm/sek<sup>-1</sup> oder in Prozenten der gemessenen mittleren Profilvergeschwindigkeit  $m = \pm 1,2$  %, eine Genauigkeit, die sich der guter Vollmessungen merkbar nähert.

Bei sehr sorgfältig ausgeführten Messungen wird der mittlere Fehler der berechneten  $\bar{u}$  noch geringer. So ergaben sich aus Messungen an der Salza (rechtsseitiger Zufluss der Enns), die das hydrographische Zentralbureau in Wien durchgeführt hat, folgende Werte: Profil Greith  $m = \pm 0,36$  %, Profil Brunn  $m = \pm 0,38$  %, Profil Gross-Reifling  $m = \pm 0,45$  %.

Schliesslich sei bemerkt, dass meiner Erfahrung nach die Anwendung der für ein Profil aufgestellten Gleichung (16) bedenklich wird, wenn bei der Berechnung von  $\nu$  und  $x$  der Korrelationsfaktor  $r < 0,95$  wird; denn in diesem Falle hat man es entweder mit einem sehr unregelmässigen oder einem veränderlichen Profile zu tun.

### Kohlensparnis bei Einführung von Hochdruckdampflokomotiven.

Von Ingenieur J. BUCHLI, Direktor der Schweizer. Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur.

Durch verschiedene Zeitungsmeldungen ist kürzlich die Öffentlichkeit auf eine Hochdrucklokomotive aufmerksam gemacht worden. In Nr. 423 vom 18. März 1925, Beilage Technik, der „Neuen Zürcher Zeitung“, wird von Professor K. Wiesinger neuerdings etwas eingehender über diese Lokomotive berichtet und eine Kohlensparnis von 50 % gegenüber der besten heute existierenden Niederdruck-Heissdampf-Lokomotive in Aussicht gestellt. Indessen ist der Artikel so allgemein gehalten, dass die Beurteilung der erwähnten Lokomotive in Bezug auf ihre bauliche und betriebstechnische Qualität nicht möglich ist; ausserdem liegen noch keine Betriebsergebnisse vor, die eine einwandfreie Bestätigung der behaupteten Ueberlegenheit gegenüber der Dampfturbinen- und der üblichen Kolben-Lokomotiven ergeben könnte.<sup>2)</sup>

Im folgenden soll nun untersucht werden, ob die vorausgesagte Kohlensparnis von 50 %, mit der die Dampflokomotive eine Vollkommenheit erlangen würde, die bisher von den bedeutendsten Lokomotivfirmen trotz ihrer

langjährigen Erfahrungen und trotz der ihnen zur Verfügung stehenden Mittel zu Studien und Versuchen nicht erreicht wurde, zur Zeit im Bereich der Möglichkeit liegt.

Das bei der „Wiesinger-Lokomotive“ angewendete Verfahren, die Vorteile des Hochdruckdampfes in Verbindung mit einer Kondensationsanlage auf Fahrzeugen auszunützen, ist längstens bekannt und seinerzeit durch Ingenieur Stolz in Berlin praktisch ausprobiert worden. Auch die Lokomotivfabrik Winterthur hat nach diesem System verschiedene Fahrzeuge gebaut, die heute noch, nach 15 Jahren im Betriebe stehen. Es sind Kraftwagen, die mit einem Hochdruckkessel von 40 at Betriebsdruck und einer Kondensationsanlage arbeiten. Auch die rasch laufende Dampfmaschine und die hohe Ueberhitzung sind vorhanden. Allerdings ist die Leistung dieser Wagen im Verhältnis zur Wiesinger-Hochleistungs-Lokomotive sehr bescheiden: sie beträgt nur 20 PS. Die von der Lokomotivfabrik Winterthur erbauten Fahrzeuge besitzen zum Niederschlagen des Abdampfes einen Rückkühler mit einer Oberfläche von 11 m<sup>2</sup>, über die eine sekundliche Kühlluftmenge von 3 m<sup>3</sup> mittels zwei kräftiger Ventilatoren durchgedrückt wird. Trotzdem die relativ grosse Kühleinrichtung eine Leistung von mehr als 15 % der Triebmaschinenleistung erfordert, ist sie nicht im Stande, bei Vollbetrieb die gesamte Abdampfmenge der Maschine niederzuschlagen. — Dieses Bei-

<sup>1)</sup> Felix M. Exner, Ueber die Korrelationsmethode, Jena 1913.

<sup>2)</sup> Prof. Wiesinger hat uns nähere Mitteilungen auf den Zeitpunkt des Vorliegens von Betriebsergebnissen in Aussicht gestellt. Im Hinblick auf die Aktualität der Hochdruckdampf-Probleme überhaupt, geben wir vorerst vorstehender Erörterung wärmetheoretischer Möglichkeiten im Lokomotivbau Raum.