

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 9/10 (1887)
Heft: 8

Artikel: Ueber Wassermengemessung mit Schwimmern
Autor: Legler, G.H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-14352>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Wasserconsum p. Sec.	450 l	Beaufschlagung	$\frac{1}{36}$
Umdrehungen p. Minute	200	Austrittswinkel am Leitrad	20^0
Innerer Laufraddurchmesser	2,5 m	" " Laufrad	20^0
Aeusserer " "	2,860 m	Eintrittswinkel " "	144^0
Anzahl der Leitcanäle	2	Lichte Weite d. Einlaufrohres	0,600 m
" " Laufradschaufeln	100	Wandstärke " "	0,032 "
Breite d. Leitradmündungen	0,125	Durchm. des Leerlaufrohres	0,200 "

Die radial gerichtete absolute Austrittsgeschwindigkeit aus dem Laufrad beträgt noch 11,25 m pro Secunde, was einem Gefällsverlust von 6,5 m oder nur 3,6 % entspricht.

Die Kraftübertragung vom Laufradkranz auf die Welle wird durch eine mit dem Laufrad verschraubte ganze Scheibe vermittelt. Bei der sehr grossen Umfangsgeschwindigkeit bietet eine Scheibe mehr Sicherheit gegen die Wirkungen der Centrifugalkraft als ein Armsystem, welches Letzteres überdies die Luft ventilatorartig in Bewegung setzt, Geräusch verursacht und unnützerweise Arbeit consumirt. Der aus besonders zähem Gusseisen hergestellte Laufradkranz ist noch durch zwei starke, geschweisste Stahlringe gebunden, so dass beim normalen Betrieb die Sicherheit gegen Auseinanderliegen eine mehr als 25-fache und bei allfälligem Eintritt der Leerlaufgeschwindigkeit von 60 m per Secunde immerhin noch eine mehr als 5-fache ist. Ein Blechverdeck zum Auffangen der weggeschleuderten Wassertropfen umschliesst den über dem Boden hervorragenden Theil des Laufrades. Der Wasserzufluss zum Turbinenrad kann auf zwei Arten abgesperrt oder regulirt werden; entweder durch den direct die Leitcanäle deckenden Schieber oder durch die Drosselklappe im Einlaufrohr. Gewöhnlich wird der Schieber, dem Kraftbedarf entsprechend, für längere Zeit eingestellt und findet die Regulirung und das Anlassen und Abstellen durch die Drosselklappe statt. Beim Betrieb gewisser Walzenstrassen wird innert kurzen Zwischenräumen regelmässig die Bewegungsrichtung gewechselt. Es war daher anfänglich projectirt, die Turbinen reversibel d. h. mit Umsteuerung zum Vor- und Rücklaufen zu construiren, wie solche vor einigen Jahren von der Firma J. J. Rieter & Co. für eine Drehbrücke nach Moskau geliefert wurde. Endgültig wurde dann aber der Bewegungswechsel an die Arbeitsmaschinen verlegt, von der Turbine jedoch verlangt, dass sie rasch abgestellt werden könne. Dies geschieht mit dem zur Hauptdrosselklappe führenden Handrad, welches beständig durch einen Arbeiter bedient wird. Bei $10\frac{3}{4}$ Umdrehungen dieses Rades findet ein Öffnen oder Schliessen der Turbine statt. Vor der grossen Drosselklappe zweigt ein Leerlaufrohr von 200 mm Weite ab, in welches eine kleine Drosselklappe geschaltet ist. Die Getriebe der grossen und kleinen Klappe sind nun so miteinander verbunden, dass das Schliessen der Einen ein Öffnen der Andern bedingt und umgekehrt. Dadurch wird die Hauptleitung vor gefährlichen hydraulischen Stössen bewahrt.

Es ist immer von Interesse, an Hand guter Ausführungen die Coefficienten zu controliren, die in unsere gewöhnlichen Anstellungsformeln einzuführen sind, damit sie mit der Praxis stimmen. Wir wollen daher ein Hauptstück der Anlage, die Turbinenwelle etwas nachrechnen:

Gewicht des Laufrades incl. Nabe 4100 kg
Wasserdruck in radialer Richtung approximativ 2900 kg

Totale Belastung durch das Lauf-Rad $P = 7000$ kg

Bei Annahme freier Auflage an beiden Enden und Verlegung obiger Belastung in die Mitte zwischen beiden Lagern, erhalten wir als Maximalbiegemoment hervor gebracht durch das Laufrad

$$M_r = P \frac{l}{4} = \frac{7000 \cdot 160}{4} = 280.000 \text{ cm kg,}$$

bei einer Distanz der Auflagerpunkte von 160 cm.

Ein Blick auf den Querschnitt der Zeichnung zeigt, dass die Belastung in Wirklichkeit nicht so ungünstig wirkt, als wir der Berechnung zu Grunde legen.

Das Biegemoment, in Folge des Eigengewichtes der Welle gleichmässig auf die ganze Länge vertheilt, wird:

$$M_w = \frac{G l}{8} = \frac{1000 \cdot 160}{8} = 20.000 \text{ cm kg;}$$

weil das Gewicht der 26 cm dicken Welle zwischen den Lagern rund 1000 kg beträgt.

Es wird somit das Maximalbiegemoment für die Welle:

$$M_b = M_r + M_w = 300.000 \text{ cm kg.}$$

Bei $N = 800$ Pfdkr. und $n = 200$ Umdrehungen wird das Torsionsmoment:

$$M_d = 716 \cdot 20 \cdot \frac{800}{200} = 286.480 \text{ cm kg.}$$

Mit Hülfe der Formel:

$$M_i = \frac{3}{8} M_b + \frac{5}{8} \sqrt{M_b^2 + M_d^2}$$

und unter Benutzung der Poncelet'schen Näherungsformel, nach welcher man setzen kann:

$$\sqrt{x^2 + y^2} = \alpha x + \beta y$$

erhalten wir innert der Grenzen unseres Specialfalles:

$$M_i = 0,975 M_b + 0,249 M_d = 363.840 \text{ cm kg}$$

Zwischen dem ideellen Biegemoment M_i , dem Widerstandsmoment W und der ideellen Normalspannung k in der stärkst gezogenen Faser besteht folgende Beziehung:

$$M_i = W k \text{ oder } k = \frac{M_i}{W}.$$

Für kreisförmigen Querschnitt ist $W = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = 0,1 d^3$ somit für unsere Welle:

$$k = \frac{363.840}{0,1 \cdot 26^3} = 207 \text{ kg pro cm}^2.$$

Es darf nun k werden:

	für Guss	Schmiedeseisen	Gussstahl
nach Kellers Constructionslehre	200	400	800
nach der „Hütte“	200	600	1000
nach Bernoullis Vademecum	230	350	—

Die vorliegende Welle besteht aus prima geschmiedetem Bessemerstahl mit einer absoluten Festigkeit von mindestens 6000 kg per cm^2 und ist somit mit viel grösserer Sicherheit construirt, als gebräuchliche Lehr- und Handbücher vorschreiben. Eine so grosse Sicherheit ist motivirt durch den Risico bei so grossen Geschwindigkeiten und Kräften, sowie durch die bei Walzwerkbetrieb unvermeidlichen Stösse.

Ueber Wassermessung mit Schwimmern.

In No. 3 dieser Zeitschrift findet sich die Berichterstattung über einen Vortrag, den Herr Dr. Bürkli-Ziegler im Zürcher Ingenieur-Verein hielt. Der Vortragende machte dabei Mittheilungen über Wassermessungen, welche mit Woltmann'schen Flügeln und Stabschwimmern in der Rhone, Limmat und im Linthcanal vorgenommen wurden. Er schloss die für Hydrauliker höchst interessanten Mittheilungen mit dem Satz, dass die Stabschwimmer eine um 10 % zu grosse Wassermenge ergeben, was gleichbedeutend damit ist, dass sie sich um 10 % schneller vorwärts bewegen, als das sie umgebende Wasser.

Dies veranlasst mich zu nachfolgenden Ausführungen, zu denen ich mich um so eher verpflichtet fühle, als ich bei jedem Anlass versucht habe, die Zuverlässigkeit der Stabschwimmermessungen nachzuweisen. Die vielen Wassermessungen, die ich während mehr als 40 Jahren in kleinen und grössern Gewässern der Schweiz ausgeführt habe, sind nach dieser Schwimmermethode erfolgt, deren Richtigkeit ich begründen will.

Das Bestreben des Herrn Dr. Bürkli, zwischen den Flügelmessungen und denen mit Schwimmern ein der Wahrheit nahekommendes, constantes Verhältniss herzustellen, ist gewiss höchst lobenswerth, da nach beiden Methoden ein bedeutendes statistisches Material sich vorfindet, das nach den gefundenen Coefficienten berichtigt und in Einklang gebracht werden könnte. Wäre z. B. die Behauptung, dass die schwimmenden Stäbe ein um 10 % grösseres Resultat ergeben, als die wirkliche Wassermenge beträgt, bewiesen,

so brauchte man nur alle vorhandenen und zukünftigen Messungen mit Stabschwimmern um 10% zu reduciren.

Die überzeugende, augenscheinliche Sicherheit der Messung mit Schwimmern als solche (was besonders bei gerichtlichen Fragen höchst wichtig ist) würde bleiben, die bequeme und rasche Durchführung dieser Messungsart würde derselben einen grossen Vorzug sichern vor den immer zweifelhaften, complicirten und zeitraubenden Messungen mit dem Woltmann'schen Flügel.

Bei ganz kleinen und 2 m übersteigenden Geschwindigkeiten, bei trübe fliessenden, unreinen Gewässern und bei grossen Wassertiefen ist man der verschiedenen Störungen wegen ohnehin genöthigt, vom Flügel abzusehen und sich der Schwimmer zu bedienen, wenn man ein einigermaassen zuverlässiges Resultat erhalten will.

Schon vor 30 bis 40 Jahren habe ich mit dem Woltmann'schen Flügel sorgfältig operirt, aber schon damals fand ich, dass zwischen den Flügelmessungen und denen mit schwimmenden Stäben grosse Differenzen sich ergeben.

Abgesehen von Fasern, Laub und andern Schwimmstoffen selbst bei klarem Wasser, die sich, vielleicht nur vorübergehend, an den Flügel hängen, unbeachtet bleiben und dessen Drehungen unrichtig machen, ist die Stosskraft des Wassers auf die Flügelfläche höchst unregelmässig, je nachdem die wirbelnde Bewegung des Wasserlaufes den Flügel von unten, von oben oder von der Seite trifft, und auch je nach den grössern oder kleinern Geschwindigkeiten.

Man kann annehmen, dass weil die unregelmässig gerichtete Stosskraft des Wassers auf die Flügelflächen nach dem Quadrat der Geschwindigkeiten wirkt, die Flügelumdrehungen nicht der einfachen Wassergeschwindigkeit proportional seien, wie man gewöhnlich rechnet bei Anwendung der Formel:

$$c = a + \beta \cdot u$$

sondern dass die Formel richtiger lauten soll:

$$c = a + \beta \cdot u + \gamma \cdot u^2$$

wobei in γu^2 die Wirkung der Stosskraft der schief gerichteten Wasserstrahlen zum Ausdruck käme.

In diesen Formeln bezeichnen:

c die Wassergeschwindigkeit, a , β und γ Coefficienten, die durch Prüfung des Flügels zu bestimmen sind, und u die Anzahl der Flügelumgänge.

Bei der Prüfung des Woltmann'schen Flügels zieht man denselben durch eine ruhende Wasserfläche und beobachtet die Anzahl seiner Umdrehungen, während er einen bestimmten Weg zurücklegt.

Dabei sind die Flügelumgänge unzweifelhaft proportional zur durchlegten Wasserstrecke, d. h. der Geschwindigkeit c , mit welcher der Apparat sich vorwärts bewegt, nicht aber in gleicher Weise jener Geschwindigkeit v , mit welcher das gestaute Wasser nach beiden Seiten ausweicht, und die grösser ist.

In der Darstellung des Parallelogramms der Kräfte setzt sich die Geschwindigkeit v , mit welcher das Wasser unter einem Winkel α einem in Bewegung befindlichen Körper ausweicht, zusammen aus der Angriffsgeschwindigkeit c und einer darauf senkrecht gerichteten $= v \cdot \sin \alpha$ und wir erhalten:

$$v \cdot \cos \alpha = c$$

Umgekehrt bei einem fliessenden Gewässer mit der Geschwindigkeit v , die der an der Stange befestigte Flügel schneidet, wird die auf den Flügel gerichtete Geschwindigkeit c , welche aus den Flügelumgängen sich ergibt, nicht entsprechend der Flussgeschwindigkeit v sein, welche ja, wenigstens theilweise, abgelenkt wird, sondern:

$$v = \frac{c}{\cos \alpha}$$

Wenn auch der Winkel α klein ist bei Flügeln die sich leicht drehen und einem Theil des Wassers den Durchgang gestatten, so ist doch sein Einfluss unverkennbar. Die Wasserableitung wird noch vermehrt durch die widerstrebende Stange, an welcher der Flügel befestigt ist, um so mehr je tiefer diese taucht, und auch durch den Stau

des Schiffes, von welchem aus operirt wird. Solchen hemmenden Einflüssen sind wohl hauptsächlich die zu kleinen Ergebnisse der bisherigen Wassermengeberechnungen mit Woltmann'schen Flügeln zuzuschreiben.

Kürzlich bin ich auf einen Artikel in No. 42 der Zeitschrift vom Verein deutscher Ingenieure vom 16. October 1886 aufmerksam gemacht worden, worin Herr F. Frese, Docent an der Hochschule in Hannover, mit Bezug auf den an der Stange normalstehenden Flügel, im Vergleich zum neuen Amsler'schen am Draht hängenden und nach allen Seiten beweglichen Flügel, das geringere Messungsergebniss des letzteren aus dem Abweichungswinkel α zu erklären sucht und schliesslich sagt:

Indem man v statt $v \cdot \cos \alpha$ rechnet, begeht man einen Fehler in der Wassermengebestimmung von $v - v \cdot \cos \alpha$ oder bei:

	$\alpha = 10,0$	$20,0$	$30,0$	$40,0$	
von	1,5	6,4	15,5	30,5	p. Ct.

Mit ähnlichen Gründen, wie Herr Frese, glaube ich nachgewiesen zu haben, dass auch der an der Stange befestigte, immer normal zum Wasserquerschnitt gerichtete Flügel nach bisheriger Rechnungsart nicht die volle Wassergeschwindigkeit angeben kann, wonach die von Herrn Dr. Bürkli gefundenen 10% Verlust sich erklären liessen.

Dass bei der Messung im 2 m breiten Abflusscanal des Weiher bei der Ziegelbrücke, so übereinstimmende Resultate der Flügel- und Schwimmermessungen sich ergaben, rührt von der grossen Abflussgeschwindigkeit in diesem engen und wenig tiefen Canal her, wobei der Ablenkungswinkel α trotz Stange und Flügel so klein wurde, dass $\cos \alpha$ nahezu gleich 1 war.

In No. 6 dieser Zeitung theilt Herr Prof. Harlacher bezüglich der 1867er Rheinmessung in Basel mit, dass Ingenieur Legler mit Stabschwimmern damals $1237 m^3$ Abflussmenge gefunden, während Herr Grebenau mit seinem Woltmann'schen Flügel nur $930 m^3$, also 30% weniger herausbrachte. Dazu muss ich bemerken, dass meine Messung in wenigen Stunden des gleichen Tages stattfand, während Hr. G. neun Tage und mit 1' 5" Aenderung im Wasserstand im Rhein hantirte, bis er seiner Resultaten sicher zu sein glaubte. Solche Messungen mit verschiedener Zeit und Dauer dürfen nicht als für dieselbe Abflussmenge gültig betrachtet werden.

Anstatt die Schwimmerergebnisse zu reduciren, wären nach Vorstehendem die Ergebnisse der Messungen mit Woltmann'schen Flügeln um 10 resp. 20% zu vermehren, je nach dem System des Flügels, wodurch man ein der wirklichen Abflussmenge entsprechendes Resultat erhalten kann. (Schluss folgt.)

Miscellanea.

Den Vereinigten Schweizer-Bahnen entsteht durch den Wegzug ihres verdienten Maschinen-Inspectors, Herrn Klose, ein nicht unerheblicher Verlust. Herr Klose wird nach Stuttgart übersiedeln, um in die Generaldirection der Württembergischen Staatseisenbahnen einzutreten; er wird jedoch für die nächste Zeit noch als consultirender Ingenieur bei der V. S. B. thätig sein.

Verein deutscher Cement-Fabricanten. Am 25. und 26. dies findet zu Berlin die X. Generalversammlung dieses Vereins statt.

Eine Versicherungsgesellschaft gegen Wasserschäden in den Häusern hat sich in Frankfurt a. M. gebildet. Dieselbe vergütet nicht nur die durch den Ausbruch von Wasserleitungen entstehenden Schäden, sondern sie übernimmt auch die Controle und Instandhaltung der bezüglichen Leitungen.

Concurrenzen.

Primarschulhaus in Aussersihl. Das Preisgericht hat folgende Preise ertheilt: Einen ersten Preis von 800 Fr. an Hrn. Architect *W. Dürler* in St. Gallen und zwei gleichwerthige zweite Preise von je 400 Fr. an Herrn Architect *E. H. Müller* in Aussersihl und die Herren *Baur und Nabholz*, Baumeister, in Riesbach. Die Planausstellung ist seit letztem