

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 97/98 (1931)
Heft: 15

Inhaltsverzeichnis

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 19.02.2026

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

INHALT: Ueber die Bewegung von Luftblasen in ruhendem und fließendem Wasser. — Wettbewerb für Durchgangstrassen in der Stadt St. Gallen. — Internationale Giesserei-Fachausstellung und Kongress in Mailand 1931. — Mitteilungen: Gründung der Schweizer Luftverkehrs A.-G. „Swissair“. Schweizerischer Energie-Konsumenten-Verband. Untersuchung eines prähistorischen Rohstahls. Baumesse in Basel.

Muffenlose Hausinstallationsrohre aus Eternit. Rheinbrücke Waldshut-Koblentz. Basler Rheinhafenverkehr. Schweizerischer Baumeisterverband. — Wettbewerbe: Jüdisches Krankenhaus in Zagreb. Wettbewerb für Dreirosenbrücke über den Rhein in Basel. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 97

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich.
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 15

Ueber die Bewegung von Luftblasen in ruhendem und fließendem Wasser.

Von Dipl. Masch.-Ingenieur R. DUBS, Professor an der E. T. H. Zürich.

(Schluss von Seite 173.)

II. BEWEGUNG DER LUFTBLASE IN STRÖMENDEM WASSER.

Es soll nun noch der Fall der sich in strömendem Wasser bewegend Luftblase theoretisch untersucht werden. Bei den Versuchen erfolgte die Wasserströmung von oben nach unten, also entgegengesetzt der Bewegung der Blase. Es wurden verschiedene Geschwindigkeiten des Wassers im Glasrohr eingestellt und während der Versuchsdauer jeweils konstant gehalten. Die Feststellung der Wassergeschwindigkeit erfolgte durch Behältermessung des pro Zeiteinheit ausfließenden Wassers mit Berücksichtigung des lichten Durchmessers des Glasrohres. Da dieser Durchmesser nicht auf der ganzen Länge des Glasrohres vollständig konstant war, mussten die gefundenen Werte auf einen konstanten Durchmesser umgerechnet werden. Wir müssen nun noch zwei Reynolds'sche Zahlen unterscheiden, und zwar für die Bewegung des Wassers im Rohre R_w und für die Bewegung der Luftblase im Wasser R_e .

Es ist:

$$R_w = \frac{c_w D \varrho}{\eta} = \frac{c_w D}{\nu}$$

und

$$R_e = \frac{C_e d \varrho}{\eta} = \frac{C_e d}{\nu}$$

wobei nun C_e die Relativgeschwindigkeit der Luft gegenüber dem Wasser bedeutet und c_w die Wassergeschwindigkeit im Glasrohr $= \frac{Q}{\pi D^2/4}$.

Es wirken nun auch in diesem Falle die gleichen Kräfte der Bewegung der Luftblase entgegen, wie beim ruhenden Wasser, und bei gleichförmiger Bewegung der Luftblase gegenüber dem ruhenden Raum oder dem sich gleichförmig bewegendem Wasser müssen diese Kräfte im Gleichgewicht mit dem Auftrieb der Luftblase sein. Einige Schwierigkeit bereitet nun die Formulierung des Widerstandes, den die vorläufig wieder kugelförmig gedachte Blase bei ihrer Bewegung gegenüber dem laminar und turbulent im Glasrohr fließenden Wasser erfährt. Die Versuche haben nämlich gezeigt, dass dieser Widerstand nicht nur eine Funktion von R_e und der Geschwindigkeit C_e ist, sondern auch eine Funktion der Reynolds'schen Zahl R_w der Wasserströmung.

Man hat nun also allgemein zu schreiben:

$$k = f(a, R_e, R_w)$$

wo a eine Konstante bedeutet. Vernachlässigt man vorläufig den Einfluss des endlichen Rohrdurchmessers D und rechnet mit einem Aufstieg der Blase im unendlichen Raum, so folgt wie früher:

$$m \frac{dC_a}{dt} = V(\gamma_w - \gamma_e) - k_1 \frac{\pi}{4} d^2 \gamma_w \frac{C_e^2}{2g}$$

wenn C_a die absolute Geschwindigkeit der Luftblase bedeutet, da wir es in der Hauptsache mit einer geradlinigen Bewegung (wenn man von den kleinen Querbewegungen der Luftblase um die vertikale Hauptbewegung absieht) zu tun haben. Nimmt man dann noch an, dass die Geschwindigkeit c_w des Wassers im Rohre konstant sei, und schaltet man ferner die Anlaufperiode der Luftblase aus, so wird:

$$\frac{dC_e}{dt} = 0 \quad \text{und} \quad \frac{dC_w}{dt} = 0$$

Somit:

$$\frac{dC_a}{dt} = 0$$

$$\text{und damit:} \quad V(\gamma_w - \gamma_e) = k_1 \frac{\pi}{4} d^2 \gamma_w \frac{C_e^2}{2g}$$

und bei Annahme von Kugelform:

$$V = \frac{\pi}{6} d^3$$

$$k_1 = \frac{4g}{3C_e^2}$$

wenn man $\frac{\gamma_e}{\gamma_w}$ gegenüber der Einheit vernachlässigt. Auf Grund der Versuche lassen sich nun eine Reihe von k_1 -Werten berechnen; da andererseits für $c_w = 0$ der Wert von k_1 in den bereits festgestellten $k = (0,50 + \frac{40}{R_e})$ übergehen muss, so lässt sich dann eine Funktion finden, die für $R_w > 0$ das Widerstandsgesetz formuliert.

Auf Grund der Versuchsergebnisse mit einer Luftblase von 4 mm Durchmesser erhält man die folgende Tabelle für die verschiedenen Reynolds'schen Zahlen R_w :

R_w	C_e	k_1	R_e	k
0	0,240	0,910	778	0,5515
1000	0,228	1,010	738	0,5542
2000	0,222	1,065	719	0,5557
3000	0,218	1,103	706	0,5567
4000	0,216	1,125	700	0,5572
5000	0,212	1,164	686	0,55825
6000	0,206	1,236	667	0,5600
7000	0,200	1,308	648	0,5618
8000	0,192	1,422	622	0,5642
9000	0,182	1,583	589	0,5679
10000	0,170	1,810	551	0,5727
11000	0,152	2,265	492	0,5814
12000	0,133	2,965	431	0,5930

Nimmt man nun zur Berechnung von k die gleiche Beziehung wie früher, so lässt sich ein Korrektionsfaktor φ berechnen, mit dem k multipliziert werden muss, um k_1 zu erhalten. Für $R_w = 0$ sollte $\varphi = 1$ sein, wenn $k = 0,50 + 40/R_e$ der richtige Widerstandskoeffizient ist (k für den ∞ Raum). Man erhält dann die folgende Tabelle:

R_w	R_e	$\varphi = k_1/k$
0	778	1,650
1000	738	1,822
2000	719	1,920
3000	706	1,981
4000	700	2,020
5000	686	2,089
6000	667	2,210
7000	648	2,330
8000	622	2,525
9000	589	2,790
10000	551	3,160
11000	492	3,890
12000	431	5,000

Wie man erkennt, wird für $R_w = 0$ der Wert von $\varphi > 1$, was z. T. darauf zurückzuführen ist, dass der für das ruhende Wasser angenommene Widerstandskoeffizient nicht genau stimmt und andererseits der Einfluss der endlichen Rohrweite nicht berücksichtigt wurde. Dann kann die folgende empirische Formel zur Berechnung von φ abgeleitet werden:

$$\varphi = 2,000 + (R_w - 2500)^3 \frac{0,31}{10^{11}}$$

$$\text{oder auch:} \quad \varphi = 2,000 + \frac{0,31}{10^8} \left(\frac{R_w - 2500}{10} \right)^3$$