Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 97/98 (1931)
Heft: 14

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: 13.07.2025

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

INHALT: Ueber die Bewegung von Luftblasen in ruhendem und fliessendem Wasser. — Internationaler Wettbewerb für die Dreirosenbrücke über den Rhein in Basel. — Leipziger Baumesse-Siedlung. — Schweizer Mustermesse Basel, 11. bis 20. April 1931. — Mitteilungen: Die Salinen-Anlage Volterra. Die Weltgewinnung an Roheisen und Rohstahl. Geschweisste Eisenkonstruktionen im Hochbau und Maschinenbau. Groupe pour l'Architecture nouvelle à Genève. Bund Schweizer Architekten. Eidgenössische Technische Hochschule. Neues Rollmaterial auf dem Bündnerischen Eisenbahnnetz. — Wettbewerbe: Schulhaus-Anlage in Seebach. Bebauungsplan der Gemeinde Zollikon. Spital in Zagreb. — Nekrologe: Carlo Müller. — 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. 14

Ueber die Bewegung von Luftblasen in ruhendem und fliessendem Wasser.

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

Es ist bekannt, dass alle Flüssigkeiten bei einem bestimmten Druck eine gewisse Menge von Gasen zu absorbieren, d. h. mechanisch zu binden vermögen. Dieses Absorptionsvermögen ist nach dem Gesetz von Henry direkt proportional dem Druck, unter dem die Flüssigkeit steht. Wird der Druck erhöht, so werden mehr Gase gebunden, und wird er erniedrigt, so wird ein entsprechender Teil des mechanisch gebundenen Gases frei. Im folgenden soll nun insbesondere das Verhalten der Luft gegenüber dem Wasser untersucht und die Bewegung von Luftblasen im Wasser theoretisch und experimentell verfolgt werden. Die Abklärung dieses Vorganges hat hauptsächlich für jene technisch-praktischen Fälle eine besondere Bedeutung, wo Wasser während des Fliessens von einem Orte höheren Druckes (Atmosphärendruck) zu einem Orte niedereren Druckes (Unterdruck) gelangt. Dies ist z. B. der Fall bei Wasserturbinen, wo beim Austritt des Wassers aus dem Laufrad einer Reaktionsturbine immer ein ziemlich starker Unterdruck herrschen wird; auch bei Heberleitungen treten solche Unterdrücke auf, die, wie oben erwähnt, ein Ausscheiden von Luft aus dem Wasser zur Folge haben. Der Vollständigkeit halber muss hier noch bemerkt werden, dass auch sehr oft Luft bei sich heftig bewegendem Wasser mitgerissen wird, sie dann aber an den Stellen, wo das Wasser ruhiger fliesst, aus ihm wieder austritt, ohne dass eine Druckänderung stattfindet.

Da infolge von Luftansammlungen oft Störungen im Betrieb von hydraulischen Einrichtungen und Maschinen auftreten, ist es nicht nur von wissenschaftlichem, sondern auch von technisch-praktischem Interesse, die Bewegung von Luftblasen im Wasser bei verschiedenen Wassergeschwindigkeiten nicht nur theoretisch, sondern auch experimentell zu untersuchen. Es können dann die Bedingungen festgestellt werden, die zu erfüllen sind, um die sich im Wasser entwickelnden Luftblasen zu entfernen.

Eine experimentelle Untersuchung über die Bewegung von Luftblasen in ruhendem Wasser findet sich in der „Physikalischen Zeitschrift" Nr. 23 vom 1. Dezember 1927, wo Felix M. Exner unter dem Titel „Ueber die Aufstieggeschwindigkeiten von Luftblasen im Wasser" über seine Beobachtungen mit Luftblasen im Lunzer See berichtet. Als wesentlichstes Ergebnis hat er festgestellt, 1. dass die Steiggeschwindigkeit der Luftblase von der Tiefenlage kaum abhängt, sondern bei bestimmter Blasengrösse ziemlich konstant ist, und 2. dass sie mit der Blasengrösse zunimmt.

Es wurden im See Beobachtungen mit Aufstieghöhen von 5 bis 30 m (unter dem Wasserspiegel) durchgeführt und Luftblasen von etwa 20 mm und etwa 200 mm Durchmesser erzeugt. Für die kleinen Blasen ergab sich eine mittlere Aufstieggeschwindigkeit von 0,26 bis 0,27 m/s, für die grossen Blasen von 0,65 bis 0,70 m/s. Unter der Voraussetzung, die Luftblase hätte eine kugelige Form, leitet dann Exner auf Grund des Energieprinzipes (die Summe aus potentieller und kinetischer Energie ist konstant) eine einfache Beziehung zur Berechnung der Aufstieggeschwindigkeit C_e der Luftblase ab. Er findet:

$$C_e = \frac{4}{\pi}\sqrt{r g\left(l - \frac{\gamma_e}{\gamma_w}\right)}$$

und wenn man das spezfischen Gewicht der Luft gegenüber jenem des Wassers vernachlässigt:

$$C_e = \frac{4}{\pi}\sqrt{r g}$$

wobei r der Radius der Luftblase und g die Anziehung der Erde 9,806 m/s² bedeutet. In Wirklichkeit hat nun aber die Luftblase nicht eine genau kugelige Form, sondern sie ist in vertikaler Richtung etwas zusammengedrückt und gleicht eher einem Rotationsellipsoid, dessen kleine Halbaxe b senkrecht steht. Diese von Exner beobachtete Form stimmt auch mit meinen Beobachtungen überein. Für eine so geformte Luftblase erhält dann Exner zur Berechnung der Aufstieggeschwindigkeit die Beziehung:

$$C_e = \frac{4\, b\sqrt{b\, g\left(1 - \frac{\gamma_e}{\gamma_w}\right)}}{a\left(1 - \frac{\varepsilon^2}{4}\right)}$$

wobei: $$\varepsilon^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2$$

die numerische Exzentrizität bedeutet. Vernachlässigt man auch hier wieder γ_e gegenüber γ_w, so folgt

$$C_e = \frac{4}{\pi}\,\frac{b}{a}\,\frac{\sqrt{b\, g}}{1 - \varepsilon^2/4}$$

Wenn man nun diese Formel zur Berechnung der Steiggeschwindigkeit der Luftblasen in ruhendem und unbegrenztem Wasser verwendet, so ergibt sich qualitativ und auch quantitativ eine ganz hübsche Uebereinstimmung mit den Versuchsergebnissen von Exner. Dass die Uebereinstimmung nicht eine vollständige sein kann, ist wohl einerseits dadurch begründet, dass in seinen Beziehungen die Veränderlichkeit des Volumens der Luftblase während des Aufstieges nicht zum Ausdruck gelangt und die Reibung vernachlässigt wurde; anderseits bestehen auch gewisse Unterschiede in den Beobachtungswerten.

Da die Versuche ausserdem in unbegrenztem und ruhendem Wasser (einem See) durchgeführt wurden, bieten sie für die Technik nicht das gleiche Interesse wie solche in begrenztem Wasser (Gefässe, Röhren). Im folgenden soll deshalb, anschliessend an eine kurze theoretische Betrachtung des Bewegungsvorganges, über Versuchsergebnisse berichtet werden, die in der hydraulischen Abteilung der Eidgen. Techn. Hochschule gefunden worden sind.

Der Einfachheit halber soll vorerst angenommen werden, die Luftblase habe eine kugelige Form, und es soll ihre Bewegung in ruhigem Wasser verfolgt werden. Wir denken uns z. B. die Blase in ein gefülltes Rohr unten eingeführt; sie steht dabei unter dem absoluten Druck $p_a + \gamma h$, wo p_a den Atmosphärendruck bedeutet und h die Tiefe unter dem Wasserspiegel an der Stelle, wo die Blase eingeführt wird (Abb. 1). Die Blase wird dann im Rohre aufwärts steigen, und da sie hierbei unter kleinern Druck kommt, wird sie sich ausdehnen. Da die spez. Wärme des Wassers bedeutend grösser ist als jene der Luft und ebenso die Masse des Wassers ganz bedeutend grösser als jene der Luftblase, wird die Expansion der Blase isotherm, d. h. mit der Wassertemperatur erfolgen, und es lässt sich dann leicht die Expansionsarbeit und die der Luftblase vom Wasser zuzuführende Wärmemenge berechnen. Die Expansionsarbeit der Blase setzt sich in Hebearbeit des Wasserspiegels im Rohre um, indem dieser Wasserspiegel entsprechend der Ausdehnung der Blase gehoben wird.

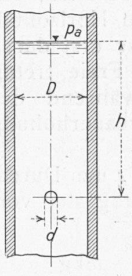

Abb. 1.

Ist v das spez. Volumen $1/\gamma_e$ m³/kg, G das Gewicht in kg, p der Druck (abs.) in der Luftblase in kg/m², so gilt:

$$p\, v = p_1\, v_1 = R\, T = \text{konstant},$$

wo R die Gaskonstante und T die absolute Temperatur.