Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 83/84 (1924)
Heft: 23

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: 29.07.2025

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

INHALT: Beiträge zur Frage der Geschwindigkeitsformel und der Rauhigkeitszahlen für Ströme, Kanäle und geschlossene Leitungen. — Die Schweiz aus der Vogelschau (hierzu Tafeln 22 bis 25). — Elektrische Automobilstrecke mit Oberleitung Modane-Lanslebourg (Savoyen). — Neue Eisenbeton-Bogenbrücke über die Seine bei Saint-Pierre-du-Vauvray (Eure). — † Olaf Kjelsberg. — Miscellanea: Elektrifikation der S. B. B. 50 Jahre „Engineering News-Record". Ausbau der Wasserkräfte in der Tschechoslowakei. Schweizerischer Elektrotechnischer Verein. Eidgenössische Technische Hochschule. Turbo-Lokomotive System Zoelly. Bund Deutscher Architekten. — Konkurrenzen: Bebauungsplan der Stadt Wetzlar. — Literatur: Die Schweiz aus der Vogelschau. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- u. Architekten-Verein. S. T. S.

Band 83. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur auf Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 23.

Beiträge zur Frage der Geschwindigkeitsformel und der Rauhigkeitszahlen für Ströme, Kanäle und geschlossene Leitungen.

Von Dr. A. Strickler, Ingenieur. [1])

Zu der grossen Zahl von empirischen Formeln, die seit der Zeit de Chézy's (1775) für den Koeffizienten c in der Chézy'schen Gleichung

$$v = c\sqrt{RJ} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

aufgetaucht sind, gehört auch eine Reihe von Formeln von reiner Potenzform. Bei solchen Formeln kann auch die Chézy'sche Gleichung selbst in Potenzform geschrieben werden. Eine der bekanntesten ist die in neuerer Zeit viel verwendete Formel von Forchheimer:

$$v = k\ R^{0,7}\ J^{0,5} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

die namentlich für die Berechnung grosser Werkkanäle sich als sehr geeignet erwiesen hat. Ueber die Grösse der Exponenten von R und J sind die Anschauungen noch vielfach geteilt. Es kann den wissenschaftlich geschulten Ingenieur offenbar nicht befriedigen, wenn ihm die Handbücher des Wasserbaues für eine bestimmte Art und Grösse von Gerinnen diesen, für andere Arten jenen Exponenten empfehlen. Die Unsicherheit erscheint noch grösser, wenn man sich die Tatsache vor Augen hält, dass für geschlossene Rohrleitungen wieder eine grosse Zahl weiterer Formeln besteht [2]), ja dass sogar manchmal ein Autor für offene Gerinne ganz anders gebaute Gleichungen empfiehlt, als für Druckleitungen. Das allgemeine Grundgesetz des Energieverlustes muss jedoch für beide Arten das nämliche sein.

[1]) Auszug aus Mitteilung No. 16 des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft, zu beziehen beim Amt für 5 Fr. (vergl. S. B. Z. 27. Okt. 1923, Seite 224).

[2]) Hier meist in der Form $J = \lambda \frac{v_m^2}{D \cdot 2g} = \lambda \frac{v_m^2}{4R \cdot 2g}$

Tabelle der Bezeichnungen.

		Einheit im Techn. Maßsystem kg-m-sek
J	= Relativgefälle (Neigung des Wasserspiegels)	Reine Zahl
R	= Profil-Radius = Querschnitt: Benetzt. Umfang	m
v_m	= Wassergeschwindigkeit als Mittelwert des ganzen Profis	m/sek
v	= desgl. an beliebiger Stelle d. Querschnitts	m/sek
v_o	= desgl. an beliebiger Stelle der Oberfläche in offenen Gerinnen	m/sek
V_o	= Maximale Geschwindigkeit im Querschnitt	m/sek
v_s	= Wassergeschwindigkeit an der Sohle	m/sek
t	= Tiefe einer beliebigen Stelle des Querschnittes unter dem Wasserspiegel	m
t_a	= Tiefe von der Oberfläche bis zur Sohle in einer Vertikalen	m
c	= Geschwindigkeitskoeffizient gemäss $v_m = c\sqrt{RJ}$	
ε	= Rauhigkeitskoeffizient nach Bazin gemäss $c = \frac{87\sqrt{R}}{\varepsilon + \sqrt{R}}$	
n	= Rauhigkeitskoeffizient nach Ganguillet-Kutter	
$k, k_1, k_2, \ldots$	Koeffizienten, variabel mit der Rauhigkeit	
D	= Rohrdurchmesser	m
h_w	= Druckhöhenverlust	m
$\triangle p$	= Druckverlust $= h_w \cdot \gamma$ (Pressungsverlust)	kg/m²
r_a	= Rohrhalbmesser	m
r	= Radius einer Ringschicht im runden Rohr	m
λ	= Widerstandskoeffizient gemäss $J = \lambda \frac{v_m^2}{4R \cdot 2g}$	
η	= Koeffizient der innern Flüssigkeitsreibung oder Viskosität	kg sek/m²
γ	= Spezifisches Gewicht der Flüssigkeit	kg/m³
τ	= Temperatur der Flüssigkeit	Grad C.
ϱ	= Aequivalenter Durchmesser der Wandunebenheiten	m
g	= Erdbeschleunigung	m/sek²
L	= Länge einer Flussteilstrecke, bezw. einer Rohrleitung	m
U	= Benetzter Umfang des Querschnitts	m
O	= $U.L$ = Benetzte Oberfläche (Rohrleitungen)	m²

Ebenso wird man sich unschwer klar werden darüber, dass die in den letzten Jahrzehnten aufgetauchten Gleichungen ohne Rauhigkeits-Koeffizienten (für Flüsse mit Kiessohle) nur rohe Annäherungen darstellen.

Der Haupt-Zweck der in der Titel-Fussnote erwähnten Studie, von der vorliegende Zeilen einen kurzen Auszug bilden, war die Aufstellung einer allgemein gültigen Gleichung für den *Energieverlust beim gleichförmigen turbulenten Strömen* von Flüssigkeiten in Gerinnen irgendwelcher Art. Die dabei befolgte Methode ist eine *empirische,* mit Berücksichtigung der theoretischen Anschauungen über das Wesen der reinen Flüssigkeitsreibung bei der Laminarströmung. Als grundlegendes Material dienten Versuche von Reynolds, Darcy, Lang, Saph und Schoder über Druckverluste in verhältnismässig engen Rohren [3]) (Durchmesser von etwa 0,5 bis 5 cm), sodann Versuche von Darcy und Bazin an offenen, künstlichen Gerinnen von mässigen Dimensionen, Versuche von Kutter an einigen schweizerischen Gewässern mit sehr grossem Gefälle (Wildbachschalen), und schliesslich neben einigen vereinzelt publizierten Messungen verschiedener Autoren eine grosse Zahl von ältern und neuern Messungen des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft an schweizerischen natürlichen Gewässern und künstlichen Gerinnen (Werkkanäle, Stollen usw.) von mittlern bis grossen Abmessungen.

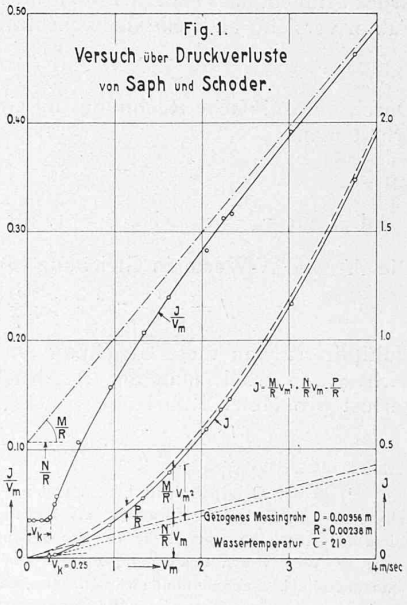
Als Ausgangspunkt für die Aufstellung der allgemein gültigen Gleichung für den Energieverlust wählte ich die Darstellung, wie sie in einem Beispiel in Abbildung 1 zum Ausdruck gelangt. Wie aus diesem Beispiel ersichtlich, ist bis zu einer mittleren Geschwindigkeit im Rohr von 0,25 m/sek der Wert $\frac{J}{v_m}$ eine Konstante, oder $J =$ prop. v_m; der Gültigkeitsbereich dieses Gesetzes entspricht dem Gebiet der Laminarströmung, für welche die Newton'sche Theorie ergibt:

$$J = \frac{2\eta}{\gamma \cdot R^2} \cdot v_m \quad (3)$$

Laminare Strömung (wirklich geradlinige Bewegung der einzelnen Wasserteile) ist nur möglich, solange die Geschwindigkeit den kritischen Wert v_k nicht übersteigt; nach Reynolds ist für Wasser, sowie andere Flüssigkeiten und Gase von gleicher oder geringerer Zähigkeit

$$v_k = \frac{2000 \cdot \eta \cdot g}{4R \cdot \gamma} \text{ [4])} \quad (4)$$

Bei Geschwindigkeiten grösser als v_k tritt die turbulente Wasserbewegung auf; der Wert $\frac{J}{v_m}$ steigt an, und die $\frac{J}{v_m}$ Kurve, die als eine Hyperbel betrachtet werden möge, nähert sich asymptotisch einer Geraden; in vor-



[3]) Die Versuchsresultate sind entnommen der Zusammenstellung in der Arbeit von R. Biel: „Ueber den Druckhöhenverlust bei der Fortleitung tropfbarer und gasförmiger Flüssigkeiten. Berlin, 1907."

[4]) Für zähere Flüssigkeiten, z. B. Oel, tritt an Stelle des Wertes 2000 ein viel kleinerer Wert, etwa 180.