

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 125/126 (1945)
Heft: 19

Artikel: Versuche an einer Kraftwerk-Fischtreppe
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83658>

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: 23.02.2026

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

Bei näherer Betrachtung schwanken die unter Zugrundelegung der Gleichung (6) aus den λ -Werten rückwärts errechneten k -Werte weniger als man anfänglich glauben könnte. Ferner verändert sich der Zustand einer Rohrleitung mit dem Alter, im allgemeinen im Sinne einer Verschlechterung, d. h. einer Zunahme der Rauigkeit der Rohrwandung, die oft mit einer Verengung des Durchgangsquerschnittes verbunden ist (Ablagerungen, Inkrustationen, Korrosionen, Setzungen, usw.). Zudem ist die kinematische Zähigkeit für Abwasser anders als für Reinwasser. Alle diese Faktoren bedingen, dass wir bei der Dimensionierung eines neuen Kanalnetzes eine gewisse Sicherheitsmarge annehmen und als Berechnungsgrundlage k -Werte wählen müssen, die tiefer liegen als diejenigen für neue Rohre.

Aus dieser Ueberlegung heraus geben wir im Diagramm VII zunächst für gewöhnliche Zementrohre mit einer auf Grund der Erfahrung zu $s = 0,25$ mm geschätzten absoluten Rauigkeit die minimalen und maximalen k -Werte in Funktion des Durchmessers an. Die untere Linie im Diagramm VII liefert die Rauigkeitsbeiwerte k bei vollausgebildeter Turbulenz, entsprechend dem Punkt B in Abb. 1, während die obere Kurve die max. möglichen k -Werte ergibt, die den Minima der Kurven von Nikuradse (Punkt A) entsprechen.

Für die normalen Fälle der Praxis ($v = 1,0$ bis $3,0$ m/s) liegt der k -Wert eher im Bereich der oberen Kurve. Nehmen wir also als Berechnungsgrundlage für neue Rohre die unteren Werte, die dem quadratischen Widerstandsgesetz entsprechen, an, so ist damit in der Rechnung implizite eine gewisse Sicherheit enthalten. Bei Kanalisationen hingegen empfiehlt es sich, die Sicherheitsmarge noch grösser zu wählen und mit k -Werten der Tabelle 2 zu rechnen.

Tabelle 2. k -Werte für gewöhnliche Zementrohre

$D \leq 20$ cm	$k = 92$	$D \leq 70$ cm	$k = 86$
$D \leq 30$ cm	$k = 90$	$D \leq 100$ cm	$k = 84$
$D \leq 50$ cm	$k = 88$	$D \leq 200$ cm	$k = 82$

Nun wenden wir uns den *glatten* Leitungen zu. Messungen in der Versuchsanstalt für Wasserbau an der E. T. H. haben bestätigt, dass Schleuderbeton- und Eternitrohre in die Kategorie der glatten Rohre (Gruppe I) einzureihen sind, für die Nikuradse für die Widerstandsziffer folgende, in einem sehr weiten Bereich gültige Beziehung abgeleitet hat:

$$\lambda = 0,0032 + 0,221 R_e^{-0,287}$$

Demnach lässt sich der k -Wert für glatte Rohre in Analogie zur Gleichung (6) anschreiben:

$$k^* = \frac{1}{R^{1/6}} \sqrt{\frac{8g}{0,0032 + 0,221 R_e^{-0,287}}} \quad \dots \quad (6a)$$

Die so errechneten Werte k^* sind maximale Koeffizienten k , die für praktische Berechnungen um 2 bis 5 % zu vermindern sind.

Wir geben zuletzt noch das Diagramm VIII der k^* -Werte in Abhängigkeit des Rohrdurchmessers und der Geschwindigkeit v als Parameter, das wir mit Einverständnis des Verfassers der Publikation [1] entnommen haben.

Aus diesem Diagramm VIII lassen sich für jedes Kaliber und verschiedene Geschwindigkeiten die maximal möglichen Rauigkeitswerte k^* für glatte Rohre ablesen. Falls solche Rohre für Kanalisationen angewandt werden, empfiehlt es sich indessen, bei ihrer Bemessung einen um 10 bis 15 % geringeren k -Wert zu wählen, um der bei längerem Betrieb stattfindenden Veränderung der Rohrwandung Rechnung zu tragen.

Beispiel:

Schleuderbetonleitung $D = 125$ cm
Geschwindigkeitsbereich $v = 1,0$ bis $1,5$ m
Maximaler k -Wert aus Diagramm VIII $k^* = 99$ bis 103
Zu wählender k -Wert $k = 90$

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse für Rohre mit rauhem Charakter denjenigen für glatte Rohre bei Geschwindigkeiten von 1 bis 2 m/s gegenüber gestellt; man erkennt daraus, dass der Unterschied in der Tat nicht sehr bedeutend ausfällt.

Tabelle 3. k -Werte für Rohre mit verschiedenem Rauigkeitscharakter

Durchmesser D in m	Theoretische k -Werte für		Für die Berechnung massgebende k -Werte für:	
	glatte Rohre	Rohre mit rauem Charakter	glatte Rohre	Rohre mit rauem Charakter
0,30	109 bis 116	105	100	90
0,60	102 bis 109	101	95	87
1,00	97 bis 103	98	90	84
1,50	93 bis 99	95	86	83
2,00	91 bis 96	93	84	82

Gewöhnliche Zementrohre, besonders diejenigen grösseren Kalibers, verhalten sich im neuen Zustand eher wie Rohre mit glattem Charakter. Im Betrieb aber werden sie wegen ihrer weniger dichten Oberfläche voraussichtlich schneller als Schleuderbetonrohre an Glätte verlieren. Die Quintessenz dieser Betrachtung geht also dahin, dass für praktische Aufgaben der Kanalisationstechnik bei der Verwendung von Schleuderbeton-Rohren kleineren Kalibers bis $D = 1,0$ m k -Werte gewählt werden können, die um 5 bis 10 % höher sind als diejenigen für gewöhnliche Zementrohre; für grössere Durchmesser hingegen wird der Unterschied unbedeutend.

6. Schlussbemerkungen

Genaue Messungen an Rohren, wie sie im Kanalisationswesen gewöhnlich angewandt werden, und besonders an Leitungen, die schon längere Zeit im Betrieb sind, liegen nur wenige vor. Den Grund hiefür hat man darin zu erblicken, dass Messungen in Kanalisationen schwer durchzuführen sind. Immerhin hoffen wir, im Laufe der nächsten Jahre auch diesem Gebiet erhöhte Aufmerksamkeit schenken zu können, um dem Praktiker später weitere zuverlässige Angaben über die Rauigkeit verschiedenster Rohrarten machen zu können. Wir müssen zum Schluss mit Nachdruck darauf hinweisen, dass in dieser Betrachtung die durch allfällige Inkrustationen oder Verschlammung hervorgerufenen Rohrverengungen nicht berücksichtigt sind. Es sei aber doch daran erinnert, dass die Schluckfähigkeit bei gegebenem Gefälle auf Grund der Strickler'schen Formel dem Ausdruck $R^{8/3}$, bzw. der $4/3$ -Potenz des benetzten Querschnitts F , proportional ist.

Literatur-Verzeichnis

Ein Stern bei der Seitenzahl bedeutet, dass der betreffende Aufsatz Abbildungen enthält.

[1] Hoeck, E.: Druckverluste in Druckleitungen grosser Kraftwerke. Mitteilung No. 3 der Versuchsanstalt für Wasserbau an der E.T.H.

[2] Kropf, A.: Auswertung von 30jährigen Aufzeichnungen der Regenmessstation der Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich. Schweiz. Bauzeitung, Bd. 123, S. 225* (1944).

[3] Meyer-Peter, E.: Neue Berechnungsmethoden aus dem Gebiete der Hydraulik. Schweiz. Bauzeitung, Bd. 84, S. 1* u. 15* (1924).

[4] Meyer-Peter, E. und Favre, H.: Der wasserbauliche Modellversuch im Dienste der Wasserkraftnutzung und der Flusskorrektion. Festschrift: Die E. T. H. dem S. I. A. zur Jahrhundertfeier. Zürich 1937.

[5] Nikuradse, J.: Widerstandsgesetz und Geschwindigkeitsverteilung von turbulenten Wasserströmungen in glatten und rauen Rohren. Verh. des intern. Kongresses f. techn. Mechanik. Stockholm 1930.

[6] Strickler, A.: Beiträge zur Frage der Geschwindigkeitsformel und der Rauigkeitszahlen für Ströme, Kanäle und geschlossene Leitungen. Mitt. des Amtes für Wasserwirtschaft 1923 und Schweiz. Bauzeitung, Bd. 83, S. 265* (1924).

Versuche an einer Kraftwerk-Fischtreppen

Der Fischpass beim Kraftwerk Dietikon an der Limmat ist im Jahr 1941 auf seine Leistungsfähigkeit geprüft worden. Dabei erstreckten sich die Fischwanderungskontrollen nicht nur auf das tägliche Auszählen der Fische während mehr als vier Sommermonaten; die systematischen Untersuchungen umfassten auch die Bestimmung von Art, Grösse, Alter, Geschlecht, Reife, Krankheitserscheinungen, Ernährungszustand, Parasiten und teilweise auch von Mageninhalt der «Passanten». Es sind während der Versuchsperiode mehr als 24 000 Fische gezählt und 11 Arten, von denen über 90 % Bestände von Rotaugen, Barben und Egli waren, festgestellt worden. Selbstverständlich unterlagen auch die Wassertemperaturen, die Pegelstände und die Wassertrübungen der Limmat der Kontrolle. Ein Teil der Ergebnisse dieser Auswertungen ist im Heft 1/2 der «Wasser- und Energiewirtschaft» 1945 veröffentlicht. Sie stützen die Auffassung, dass der Fischpass beim Kraftwerk Dietikon die normale Wanderung der Fischschwärm vom Unter- in das Oberwasser der Limmat sicherstellt.

Aus den bei dieser Gelegenheit gemachten Beobachtungen sind frühere Erfahrungen zum Teil bestätigt und neue Erkenntnisse gewonnen worden. Gewiss ist, dass die Wirkung eines Fischpasses im Wesentlichen von der Zweckmässigkeit des Einstieges im Unterwasser und von der von den Fischen aufzubringenden Schwimmleistung beim Durchschwimmen der Fischtreppen abhängt. An deren unterer Mündung muss die Lockwasserströmung ungebrochen zur Geltung kommen, sodass der Fisch seinem natürlichen Triebe folgend in den Pass hineingeführt wird. Die

ihm dann zugemutete Anstrengung zur Ueberwindung des Hindernisses hängt von der Neigung der Treppe, vom totalen Höhenunterschied zwischen der unteren und der oberen Wassерlage und von der Art der Wasserströmung auf dem vorgezeichneten Wege ab. Die gute Wirkung des Fischpasses bei Dietikon wird, ausser auf den verhältnismässig kleinen Höhenunterschied zwischen Unter- und Oberwasser von max. nur 3,8 m, hauptsächlich auf die geringe Neigung der Treppe von 8,2 % zurückgeführt

(Stufenhöhe 18 cm, Beckenlänge 2,00 m mit 20 cm dicken Stauwänden, Beckenbreite 1,50 m). Nach Auffassung der Fachleute sollte das Gefälle eines Fischpasses 10 % nicht übersteigen. Günstig wirkt sich sodann im vorliegenden Falle das auch andernorts¹⁾ angewandte System der Wasserführung aus. Es wird durch obere Schlitze und durch Löcher in Sohlenhöhe der Stauwände, die in Form von gegenläufigen Wellenlinien angeordnet sind, geregelt. Das abstürzende Wasser wird auf diese Weise genügend abgebremst, ohne jedoch die gerichtete Strömung mit der erforderlichen Lockwirkung einzubüssen. Der Fisch erreicht so die Höhe durch Schwimmen und ist nicht zum Springen gezwungen, was er ja nur tut, wenn er einem zu intensiven Wasserstrahl ausweichen muss.

Die Beobachtungen haben auch hier wieder bestätigt, dass die Fischwanderungen bei einer Wassertemperatur von 12 bis 14°C und zwar immer bei ansteigender Temperatur einsetzen. Im allgemeinen gelten die Monate Mai und Juni als Hauptwanderperiode. Bestimmte Fischsorten, z. B. Salmoiden, ziehen aber vorwiegend an kühlen Sommertagen. Auffallenderweise kann eine bestimmte Beziehung zwischen der Wanderlust und der Laichfähigkeit nicht festgestellt werden, da grosse Züge aus unreifen, aus reifen und aus verlaichten Tieren bestehen und auch aus verschiedenen Arten zusammengesetzt sind. Neben der «Laichwanderung» ist also auch die «Kompensationswanderung» deutlich erkennbar.

In diesem Zusammenhang kann erwähnt werden, dass das Fehlen bestimmter Fischarten, zum Beispiel der wanderlustigen Nasen und Aale, im Fischpass bei Dietikon nicht auf Mängel dieser Anlage, sondern auf das Hindernis, das das Kraftwerk Wettingen dem Fischzug in den Weg stellt, zurückzuführen ist. Durch dieses Werk, bei dem der Bau einer Fischtreppen wegen der grossen Staustufe von 22 m Höhe nicht in Frage kommen konnte, werden auch Fische aus dem Aare- und Rheingebiet von den ursprünglichen, weiten Wanderwegen abgelenkt. Der Stausee von Wettingen ist aber infolge der in anderer Hinsicht wenig erfreulichen Verunreinigung für Fische besonders nahrungsreich. Wohl ergibt sich aus diesen Umständen ein schöner Fischbestand, wenn auch der Wert der Fischarten und die Qualität ihres Fleisches gegenüber den früheren Verhältnissen in der ungestauten Limmat zurückgegangen ist.

Zur Frage des Stromsystems für elektrische Vollbahnen

In der Zeitschrift «Elektrizitätsverwertung», Jahrgang 1944/45, Heft Nr. 5 äussern sich drei schweizerische Fachleute zu folgender Frage: «Ist das in der Schweiz vor rund 30 Jahren gewählte System der elektrischen Zugförderung auf Vollbahnen mit Einphasenwechselstrom von 16 2/3 Hz und 15 000 Volt Fahrdrähtspannung und die Erzeugung des Bahnstromes zur Hauptsache in bahneigenen Kraftwerken durch die seitherige Entwicklung als überholt oder sogar als Fehlentscheid zu betrachten?» Die Diskussion²⁾ ist durch einen in der Zeitschrift «Elektrizitätswirtschaft» veröffentlichten Artikel ausgelöst worden, in dem Dr. Ing. Krohne (Berlin) empfiehlt, für die nach Kriegsschluss geplanten grossen Bahnelektrifizierungen in Deutschland Wechsel-

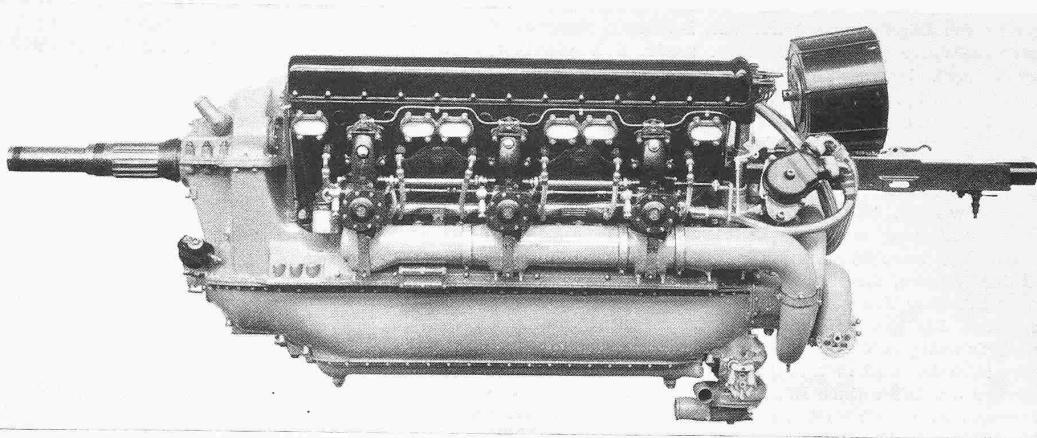


Abb. 2. Zwölzfzylinder-Flugmotor Hispano Suiza von 1000 PS aus dem Jahre 1939 mit eingebautem Schnellfeuergeschütz

strom von 50 Hz zu verwenden und die Energie ausschliesslich aus dem allgemeinen Landesnetz zu beziehen, dies im Gegensatz zu einem Gutachten von Fachleuten der deutschen Reichsbahn aus dem Jahre 1941, worin für die weiteren Elektrifizierungen das bisherige System mit 16 2/3 Hz und bahneigenen Kraftwerken als die zweckmässigste Lösung bezeichnet wird. — Prof. Dr. K. Sachs, Dozent für elektrische Traktion an der E.T.H., schildert in seinem Bericht die Entwicklung der elektrischen Traktion von den ersten Strassenbahnen mit Gleichstrom von 600 V Fahrdrähtspannung über die z. B. für die Burgdorf-Thun-Bahn und die Simplonlinie verwendete und inzwischen wieder verlassene Drehstromtraktion mit zwei Oberleitungen bis zur Wahl von hochgespanntem Einphasenstrom mit niedriger Frequenz, wie er nun für die Gotthardlinie und anschliessend für das ganze SBB-Netz verwendet wird. Dieses System war damals für Vollbahnen am besten entwickelt. Inzwischen wurden in verschiedenen anderen Ländern Vollbahnen in grösserem Umfang mit gutem Erfolg mit hochgespanntem Gleichstrom elektrifiziert. Moderne schweizerische Einphasenlokomotiven sind einschliesslich Transformator nicht schwerer, als Lokomotiven gleicher Leistung für hochgespannten Gleichstrom, weil das Gewicht der Anfahrriderstände und der Steuerapparatur für Gleichstrom ungefähr gleich gross ist, wie das moderner Lokomotivtransformatoren mit Hochspannungsteuerung. Lokomotiven für 50 Hz würden dagegen trotz leichterem Transformator schwerer ausfallen, da die Gesamtleistung auf eine grössere Zahl Motoren verteilt werden müsste. Der Energieverbrauch der SBB beträgt in den Jahren 1938 bis 1942 nur rd. 10 % der gesamten schweizerischen Energieerzeugung. Das in der Schweiz gewählte System mit bahneigenen Kraftwerken hat sich gut bewährt. Bahnnetz und allgemeines Landesnetz sind im notwendigen Umfang durch Synchron-Asynchron-Umformergruppen mit nachgeschalteter Kollektorkaskade miteinander verbunden. Diese Maschinen können unabhängig von den Frequenzschwankungen in den beiden Netzen in beiden Richtungen die volle Durchgangsleistung mit beliebigem Blindleistungsanteil betriebsicher übertragen. Ausserdem besteht zwischen den beiden Netzen eine weitere Ausgleichsmöglichkeit, indem in den SBB-Kraftwerken Amsteg und Vernayaz auch «Industriegeneratoren» aufgestellt sind und ferner die Kraftwerke Etzel und Rupperswil je zur Hälfte den SBB und den Nordostschweizerischen Kraftwerken (NOK) gehören und dementsprechend mit Einphasen- und Drehstromgeneratoren ausgerüstet sind. Zusammenfassend ist festzustellen, dass in der Schweiz kein Anlass besteht, die seinerzeitige Wahl des Einphasensystems mit 16 2/3 Hz und bahneigenen Kraftwerken als überholt zu betrachten. Dr. h. c. H. Eggenberger, alt Oberingenieur der Abt. für Elektrifizierung der SBB, erklärt sich in einer kurzen Aeußerung mit der Auffassung von Prof. Dr. Sachs einverstanden. Dipl. Ing. A. Engler, Direktor der Nordostschweizerischen Kraftwerke A. G., Baden, vergleicht die Belastungsdiagramme der Landesversorgung mit denjenigen des Bahnnetzes der SBB und kommt zum Ergebnis, dass die Belastungsspitzen der beiden Systeme fast zu gleicher Zeit auftreten, und der Energiebedarf beider Netze im Winter grösser als im Sommer ist. Die bestehenden Ausgleichsmöglichkeiten sind genügend. Die Gestaltungskosten der Bahnenergie betragen für die SBB in 15 kV Fahrdrähtspannung ab Unterwerk im Durchschnitt 3,25 Rp./kWh. Die Elektrizitätswerke dürften in Anbetracht der häufigen hohen Lastspitzen den von den Bahnen benötigten Strom kaum zu diesem niedrigen Tarif liefern können.

1) Vgl. H. Blattner betr. Kembs in Bd. 105, S. 4* (1935).

2) Vgl. zu den früheren Diskussionen W. Kummer in Bd. 62, S. 271 (1913) und E. Huber in Bd. 73, S. 141 ff. (1919).