

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 111/112 (1938)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Beitrag zur Kenntnis des Druckverlustes in Rohrleitungen  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-49764>

#### **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:** 16.01.2026

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

INHALT: Beitrag zur Kenntnis des Druckverlustes in Rohrleitungen. — Neue AB40-Wagen für den Auslandverkehr der SBB. — Fünf Jahre Brückenbau in Graubünden. — Das Eisenbahn-Maschinenwesen und -Rollmaterial an der Pariser Ausstellung 1937. — Zur Erhaltung des Münsterhofs in Zürich. — Zur Frage des Zürcher Kantonspitals. — Mitteilungen: Schweizer Bundesbahnen, Kraftwerk Vargön. Passiver Luftschutz für grosse Stauanlagen. Schmalspurige dieselmechanische Triebwagenzüge

der jugoslawischen Staatsbahnen. Eidg. Technische Hochschule. Ein Ausstellungsgebäude in Earls Court, London. Dachhaut in Stahlblech ohne Versteifung. Schiffsbarmachung des Rheins zwischen Eglisau und Schaffhausen. IV. Internat. Schienentag, Düsseldorf 1938. 7. Internat. Rationalisierungskongress. Druckgasflaschen aus Leichtmetall. — Wettbewerbe: Kantonspital Schaffhausen. — Nekrolog: Alfred Hüser. Ernst Baumgart. Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

## Band 111

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. 4

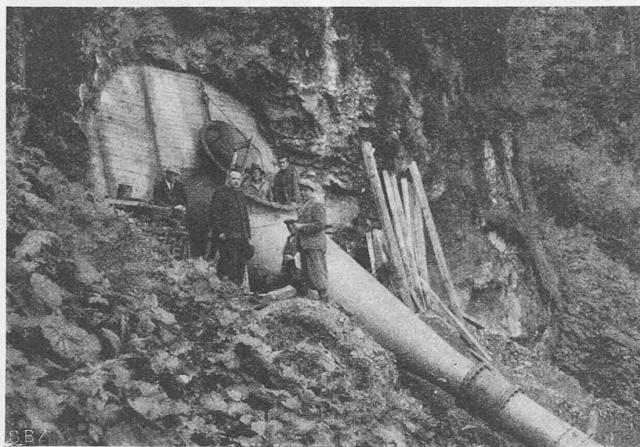


Abb. 2. Uebergang vom Druckstollen zur Rohrleitung

### Beitrag zur Kenntnis des Druckverlustes in Rohrleitungen

Die Konstruktion der Druckleitungen hat durch die Einführung der Wassergasschweissung und später ganz besonders durch die Verwendung der elektrischen Schweißung eine Umwandlung erfahren, die eine erhebliche Verbesserung der Rauhigkeit der Innenfläche zur Folge hat. Nicht nur sind keine vorstehenden Nietköpfe mehr vorhanden, sondern durch die jetzt fast allgemein gewordene Schweißung der Montagenähte kommen auch die bisher üblichen ungünstigen Rohrverbindungen, wie Flanschen, Nietmuffen usw. fast ganz in Wegfall. Solche durchgreifenden Verbesserungen müssen selbstverständlich ihren Ausdruck finden in einem geringeren Druckverlust bei sonst gleichen Verhältnissen und somit in einem kleineren Beiwert  $\lambda$  in der allgemeinen Formel für die Berechnung des Druckverlustes.

Für die Bestimmung der Grösse dieses Beiwertes steht dem projektierten Ingenieur eine Auswahl von Formeln zur Verfügung; so enthält z. B. die 26. Auflage der «Hütte» (S. 371) nicht weniger als sechs solcher Formeln, von denen die älteste aus dem Jahre 1855, die jüngste von 1914 stammt. Auch andere Handbücher, wie z. B. das «Hydraulische Rechnen» von Weyrauch-Strobel (1930) enthält nebst einigen neueren Erfahrungswerten<sup>1)</sup> die gleichen Formeln, wie die «Hütte». Wahrscheinlich bestehen noch andere Formeln, wie z. B. jene von Sörbye, die aber weniger bekannt und der Allgemeinheit vielfach nicht zugänglich sind. Bei der Wichtigkeit der Grösse dieses Beiwertes in Bezug auf die Berechnung der Dimensionen neuer Druckleitungen und der bei Speicherwerken verfügbaren Energiemengen erscheint es angezeigt, durch Versuche an neuen Rohrleitungen die der heutigen Konstruktionsweise der Druckleitungen entsprechende Grösse des Beiwertes zu bestimmen.

Eine Gelegenheit zur Durchführung eines solchen Versuches bot sich anlässlich der Abnahmeproben der Turbinen des Kraftwerks Bannalp<sup>2)</sup>, die am 25./26. Juni 1937 stattgefunden haben. Ein bezüglicher Vorschlag fand nicht nur die Zustimmung der beteiligten Firmen, sondern auch der Bauleitung und des Präsidenten der Baukommission. Die Konstruktionsdaten der Druckleitung sind derart, dass durch die Versuche ein interessanter Beitrag zu dem gestellten Problem erwartet werden konnte. Die Ausführung der Druckleitung durch die Lieferfirma Gebrüder Wild A.-G. in Muri ist nach dem Bericht des Abnahmbeamten, Obering. E. Höhn des Schweiz. Vereins von Dampfkesselbesitzern, als durchaus einwandfrei zu bezeichnen, sodass die erhaltenen Resultate auch für andere Ausführungen wegleitend sein dürften.

Das Längenprofil der Druckleitung ist auf Abb. 1 dargestellt. Die lichte Weite beträgt auf 467,895 m schiefer Länge 550 mm und auf 983,637 m noch 500 mm. Die totale Länge vom zylindrischen Teil des Einlaufrohres bis zum Hauptabsperrschieber bei

der Zentrale ist somit 1451,532 m. Es sind im Ganzen 25 Gefällsbrüche vorhanden, deren Winkelgrösse von  $0^\circ 41' 27''$  bis zu  $50^\circ 59' 59''$  schwankt; fünf dieser Krümmer haben auch Horizontalwinkel zwischen  $188,5^\circ$  und  $175,6^\circ$  n. T.

Für die Durchführung der Versuche war an einem eigens für diesen Zweck vorgesehenen Auge des zylindrischen Teiles des Einlaufrohres auf Kote 1548,55 m ü. M. (Abb. 2) unter Einschaltung einer Blende von 4 mm Ø ein Präzisionsmanometer mit 0,5 m Teilung und einem Messbereich von 0 bis 50 m Druckhöhe angeschlossen. Es war dann weiter vorgesehen, am unteren Ende der Druckleitung unmittelbar oberhalb des Hauptabsperrschiebers ein zweites Manometer anzubringen, um so den Druckverlust der Druckleitung allein erfassen zu können. Leider war infolge verschiedener Umstände die Zeit zu der für den Anschluss dieses Manometers notwendigen Entleerung der Rohrleitung zu knapp geworden und es musste aus diesem Grunde die Verteilleitung mit in die Messung einbezogen werden. Diesem Vorgehen konnte aber auch zugestimmt werden, weil erstens der Druckverlust in der Verteilleitung nur einen kleinen Teil des Gesamtverlustes ausmacht, sodass ein Auswertungsfehler das Gesamtergebnis nur in sehr geringem Masse beeinflussen konnte, und zweitens, weil die Ausführungsweise und damit auch der Rauhigkeitsgrad der Verteilleitung praktisch der nämliche ist wie jener der Druckleitung. Für die Messungen am unteren Teil diente dann das für die Turbinenabnahmeproben am Einlauf zu Turbine 1 angebrachte Präzisionsmanometer mit einer Einteilung von 2 m und einem Messbereich von 0 bis 800 m, dessen Angaben nach dem von der Bauleitung ausgeführten Nivellement berichtigt und auf Rohrmitte umgerechnet wurden.

Die Versuche wurden gleichzeitig mit den Turbinenabnahmeproben<sup>3)</sup> durchgeführt, in der Weise, dass im Bereich von  $1/4$  bis  $4/4$  Last acht Messungen vorgenommen wurden. Dabei dienten somit die Ablesungen am unteren Manometer dem doppelten Zweck der Bestimmung der Turbinenwirkungsgrade und des Druckverlustes in der Rohrleitung. Die Ablesungen am oberen Manometer wurden in dem für die Durchführung der Proben vereinbarten Zeitraum alle zwei Minuten vorgenommen.

Das Ergebnis der Messungen ist im Diagramm Abb. 3 dargestellt. Die eingetragenen Messpunkte stellen somit die Druckverluste in der Druckleitung, Hauptabsperrschieber- und Verteilleitung dar.

<sup>3)</sup> Ing. H. Gerber der Escher-Wyss A.-G. hat mich bei diesen Versuchen tatkräftig unterstützt, wofür ich ihm bestens danke.

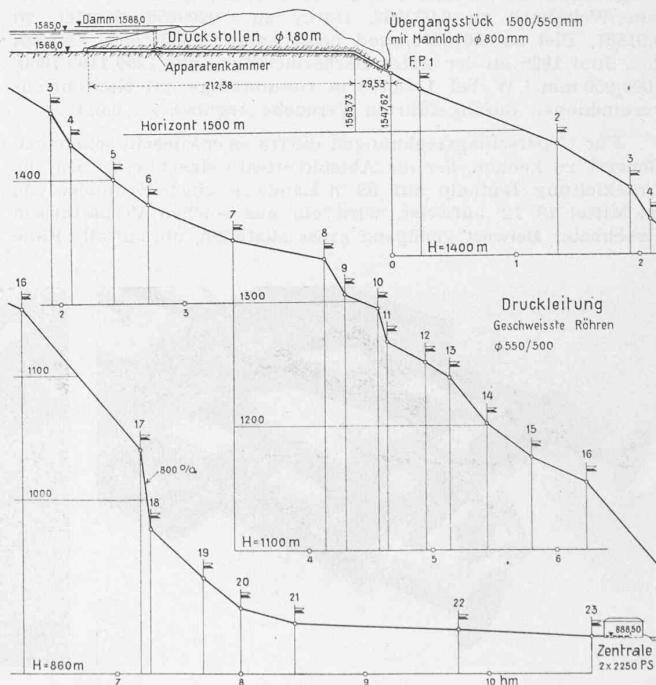


Abb. 1. Längenprofil der Druckleitung (aus Bd. 107, S. 80). 1:5500

<sup>1)</sup> Vergl. auch die italienischen Versuche, Bd. 108, S. 150.

Red.

<sup>2)</sup> Projekt-Beschreibung siehe Bd. 107, S. 77\* (22. Febr. 1936). Red.

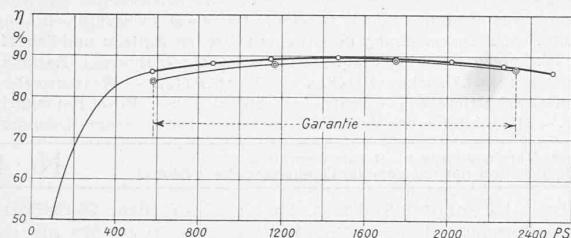


Abb. 4. Ergebnisse der Leistungsversuche an der Bannalp-Turbine 1

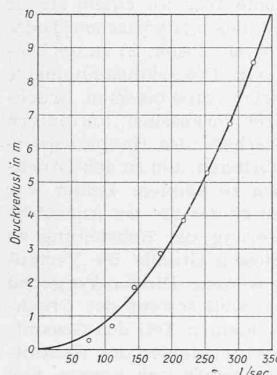


Abb. 3. Verlauf der Druckverluste in der Druckleitung

Die Faktoren  $\frac{L}{D}$ , sowie die Wassergeschwindigkeiten ergeben sich ohne weiteres aus den bekannten Abmessungen der Druck- und Verteileitung. Die Beiwerte  $\xi$  sind in zwei verschiedene Gruppen zu unterteilen, wovon die erste die Werte für die Ablenkverluste in den Rohrkrümmern und die zweite die Werte für die Verluste in den beiden Schiebern umfassen.

Für die Bestimmung der Beiwerte der Ablenkverluste wurden zunächst aus den Zeichnungen die wahren Grössen der Winkel und die zugehörigen Verhältnisse  $r/D$  bestimmt, und hierauf die entsprechenden Beiwerte  $\xi$  einer graphischen Zusammenstellung der in der «Hütte» angegebenen Werte entnommen. Die Beiwerte der Verluste in den Schiebern wurden von den Lieferfirmen v. Roll-Klus und Escher Wyss auf Grund von ausgeführten Versuchen mitgeteilt.

Aus diesen Unterlagen errechnet sich für die vorliegenden Verhältnisse ein Beiwert von

$$\lambda = 0,014836.$$

Vergleichsweise errechnet sich der Beiwert nach den Formeln von Weissbach zu 0,022052, Darcy zu 0,0209056, Kutter zu 0,01867, Biel zu 0,014696, und nach Lang zu 0,015956. Die am 2./3. Juni 1925 an der ersten Barberineleitung von 1200/1100/1050/1000/950 mm 1.W. bei 1336,793 m Gesamtlänge mit Nietmuffenverbindungen durchgeföhrten Versuche ergaben  $\lambda = 0,0113$ .

Für Ueberschlagsrechnungen dürfte es erwünscht sein, einen Beiwert zu kennen, der die Ablenkverluste einschliesst. Da die Druckleitung Bannalp auf 58 m Länge je einen Krümmer von im Mittel  $18^{\circ} 12'$  aufweist, wird ein aus solchen Verhältnissen errechneter Beiwert genügend gross ausfallen, um auf alle Fälle

leitung bis zum Anschluss des unteren Manometers dar. Die Punkte der Wassermengen über 200 l/sec liegen sehr schön auf der Kurve der quadratischen Gleichung, während die Punkte geringerer Wassermengen sich nicht vollständig einordnen, was sehr wahrscheinlich auf die Unmöglichkeit genauerer Ablesungen bei der 2 m-Teilung des unteren Manometers zurückzuführen ist. Aus diesen gemessenen Verlusten bestimmt sich der Beiwert  $\lambda$  nach der folgenden allgemeinen Formel:

$$H_v = \sum \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{c^2}{2g} + \sum \xi \cdot \frac{c^2}{2g}$$

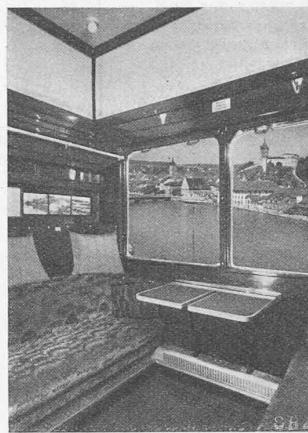


Abb. 3. Abteil I. Klasse

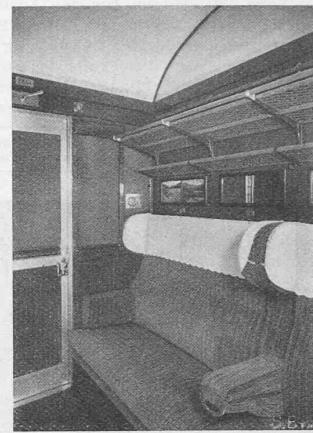


Abb. 4. Abteil II. Klasse

angewendet werden zu können. Dieser Beiwert, den ich mit  $\lambda_t$  bezeichnen möchte, bestimmt sich zu

$$\lambda_t = 0,016263.$$

Es ist klar, dass der hier bestimmte Beiwert  $\lambda$  nicht Anspruch auf allgemeine Gültigkeit erheben kann; er soll nur als Beitrag zu einer definitiven Festlegung aufgefasst und mit Ergebnissen weiterer Versuche zu einem endgültigen Ergebnis verarbeitet werden.

Eine weitere mit der Druckleitung im Zusammenhang stehende Feststellung, die bei diesen Abnahmeproben gemacht wurde, dürfte noch Interesse bieten. Die Turbinen sind zur Vermeidung von gefährlichen Druckstössen in der Rohrleitung mit Ablenkerregulierung versehen. Bei beiden Gruppen ergaben die Regulierproben bei plötzlicher Abschaltung der Vollast von 2330 PS einen maximalen Druckanstieg von nur  $2,0 \text{ m} = 0,3\%$  gegenüber dem garantierten von  $7\%$ . Es darf natürlich auch daraus kein allgemeiner Schluss gezogen werden; immerhin bestätigt sich auch hier, dass bei Anlagen, deren Turbinen mit Ablenkerregulierung versehen sind, im normalen Betrieb und bei richtiger Einstellung der Regulierung namhafte Drucksteigerungen nicht auftreten können.

A. L. Caflisch, Zürich.

*Zusatz der Redaktion.* Obigen Ausführungen von Obering. A. L. Caflisch fügen wir in Abb. 4 noch das Ergebnis der ebenfalls von ihm nach den Normen des S. I. A. durchgeföhrten Abnahme-Versuche an den beiden von Escher Wyss (Zürich) gelieferten Turbinen des Bannalpwerkes bei (vergl. «Escher Wyss-Mitteilungen» X, Nr. 3). Es sind eindüsig Freistrahlturbinen mit horizontaler, dreifachgelagerter Welle, Strahlkreisdurchmesser 1000 mm, Strahldurchmesser 58 mm, Nadel- und Ablenker-Regulierung; garantierte Leistung 2500 PS. Auch die Regulierproben ergaben ein sehr günstiges Resultat, indem die Drehzahlsteigerung über die Endzahl bei  $1/4$  Belastung nur  $2\%$  gegenüber den garantierten  $3\%$  betrug; sie lag bei  $3/4$  Last immer noch  $1\%$  unter der Garantie, um erst bei Vollast die Garantiezahl von  $9\%$  zu erreichen. — Leider liegt das kleine Werk infolge Wassermangel seit Weihnacht still; das erhoffte Seelein auf Bannalp will sich nicht füllen, ob wegen behauptetem Niederschlagsmangel im vorigen Jahr, ob wegen Undichtigkeiten im klüftigen Untergrund, wird sich zeigen. Vorläufig wird Nidwalden wieder vom Luzern-Engelbergenetz mit Strom versorgt.

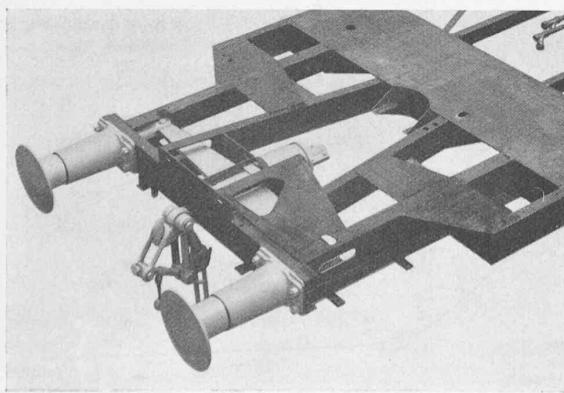


Abb. 5. Einbau der Zug- und Stossvorrichtung

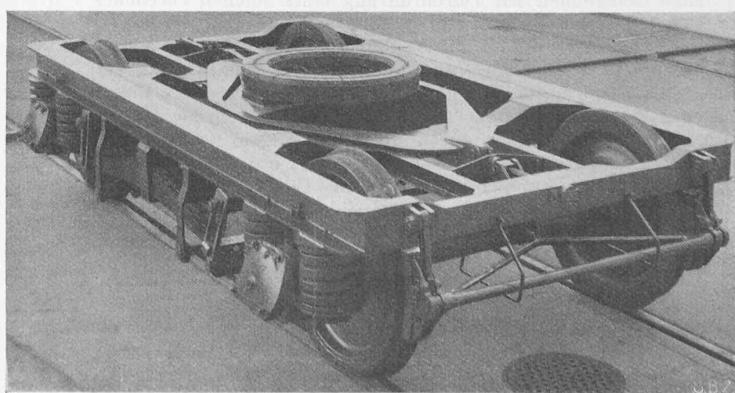


Abb. 6. Drehgestell der neuen AB40-Wagen der SBB, Bauart S. I. G. Neuhausen