

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 107/108 (1936)  
**Heft:** 13

## 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:** 03.02.2026

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

**INHALT:** Luft-Modellversuche an Drosselklappen für Druckleitungen von Wasserkraftanlagen. — Neue Rechenreinigungsmaschinen für Wasserkraftwerke. — Ideenwettbewerb für ein kantonales Verwaltungsgebäude mit Zentralbibliothek in Luzern. — Gesellschaft zur Förderung der Forschung auf dem Gebiet der techn. Physik an der E. T. H. — Luftschutz-Verdunkelungsübung in Thun. — Mitteilungen: Projekt für den Neubau der Sustenstrasse. Amerikanischer Zugverkehr unter Sandstürmen. Einsturz eines Kanalisationstrichters. Telephananlage am Grossglockner. Seil-

schwebebahn auf den Mont Revard. Wetterfähigkeit. Mangel an Ingenieuren in Deutschland. Diskussionsversammlung über Bahnenfragen. Eidg. Techn. Hochschule, Mailänder Mustermesse. Genfer Automobilsalon. — Zur Bauausschreibung der SBB für die Lorrainehaldelinie mit Aareübergang in Bern. — Wettbewerbe: Dorfplatz in Vernier. — Nekrolog: Eugen Meyer. Alfr. Stern. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Schweizer. Verband für die Materialprüfungen der Technik — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

## Band 107

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. 13

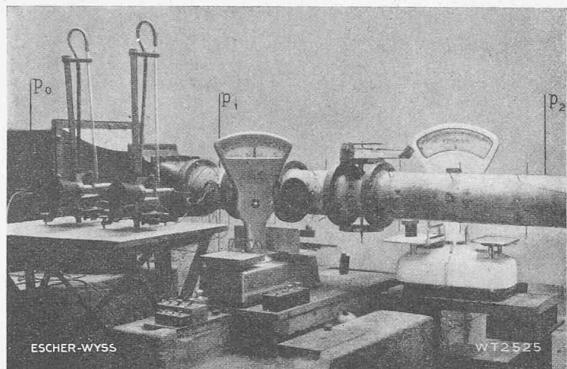


Abb. 1. Ueberblick über die Versuchsanordnung.

## Luft-Modellversuche an Drosselklappen für Druckleitungen von Wasserkraftanlagen.

Von Obering. Dr. C. KELLER und Ing. Dr. F. SALZMANN,  
Escher-Wyss Maschinenfabriken A.-G., Zürich.

[Vorbemerkung der Redaktion. Der Bauingenieur, der eine Hochdruck-Wasserkraftanlage zu entwerfen hat, sieht sich jeweils in die Notwendigkeit versetzt, am Druckstollen-Einlauf besondere Abschlussorgane vorzusehen, die unter Umständen sehr erheblichen Beanspruchungen ausgesetzt werden können. Dazu werden meist um eine senkrecht zur Stollenaxe liegende Achse drehbare Drosselklappen benutzt, deren Berechnungsgrundlagen indessen in statischer wie in dynamischer Hinsicht noch recht dürftig sind. Zur Abklärung der auf und in solchen Klappen wirkenden Kräfte sind schon Modellversuche mit Wasser angestellt worden, die aber mit ziemlich hohen Kosten und Gefahren verbunden sind. Es ist daher gerade für den Bauingenieur von höchstem Interesse, von den im Forschungslaboratorium von Escher-Wyss in Zürich entwickelten neuen Möglichkeiten experimenteller Untersuchung von Drosselklappen mittels Anströmen durch Luft statt durch Wasser Kenntnis zu nehmen, durch welche Methode unter ganz beträchtlicher Verminderung der Kosten und Ausschaltung jeglicher Gefahr sehr wertvolle Aufschlüsse gewonnen werden. Wir danken deshalb der EWAG, dass sie uns durch Ueberlassung der Bildstücke ermöglicht, noch vor Erscheinen ihres bezüglichen Mittelungsheftes unsern Lesern hiervon Kenntnis zu geben.]

### I. Allgemeines.

Als Absperrvorrichtungen für Druckleitungen von Wasserkraftanlagen dienen meistens kreisplatten- oder linsenförmige Drosselklappen. Solche Organe werden auch zum Abschliessen und Drosseln von Gasströmen in Rohrleitungen und bei Behältern verwendet. Ueber die von einer strömenden Flüssigkeit auf eine Drosselklappe in jeder Stellung ausgeübten Kräfte sind bis heute nur sehr wenige Angaben bekanntgeworden<sup>1)</sup>. Eingehendere Daten sind jedoch für eine zuverlässige Festigkeitsberechnung und beste Materialausnutzung vor allem an grossen Drosselklappen für hydraulische Anlagen unerlässlich. Die Messung der Kräfte und Momente an ausgeführten hydraulischen Drosselklappen in Betriebszuständen<sup>1)</sup> ist nicht einfach, kostspielig und liefert im wesentlichen nur das an der Drehvorrichtung am Ende der Welle angreifende Drehmoment; die für den Konstrukteur wichtige Druckverteilung über die Klappe selbst und die Einzelmomente auf die Klapphälften sind bei Betrieb mit Wasser sehr schwer zu messen. Die Umständlichkeit dieser Versuchsdurchführung ist wohl der hauptsächlichste Grund für das Fehlen von einschlägigen Forschungsarbeiten.

Um tiefer als bisher in die einer theoretischen Berechnung unzugänglichen Strömungsvorgänge einzudringen, sind in den Laboratorien von Escher-Wyss die nachfolgend beschriebenen neuartigen Versuche durchgeführt worden. Im Gegensatz zur bisherigen allgemeinen Praxis wurde an Stelle von Wasser für die vorliegenden Zwecke durchgehend Luft als Strömungsmittel verwendet<sup>2)</sup>. Die mit Luft erhaltenen Ergebnisse lassen sich nämlich gut auf Wasser übertragen, wenn nur dafür gesorgt wird, dass im Modellversuch die Luftgeschwindigkeit im Vergleich zur Schallgeschwindigkeit, d. h. die Mach'sche Zahl, klein

gehalten wird. Dann kann die Luftströmung mit genügender Näherung ebenfalls als inkompressibel behandelt werden. Erst bei hohen Geschwindigkeiten macht sich der Einfluss der Kompressibilität bemerkbar. So hat deren Vernachlässigung bei der Berechnung des Staudruckes normaler Luft bei rd. 68 m/sec Geschwindigkeit einen Fehler von erst 1 %, bei ca. 96 m/sec von erst 2 % zur Folge. Eine Druckänderung atmosphärischer Luft von 150 mm WS bewirkt erst eine Volumenänderung von einem Prozent. Für viele Messzwecke, wie auch für die vorliegenden, kann demnach die Luft ruhig als volumenbeständig angesehen werden.

Um die Ergebnisse der Modellversuche auf die Grossausführung übertragen zu können, ist ferner die Bedingung geometrischer Ähnlichkeit von Modell und Ausführung zu erfüllen. Dies gilt insbesondere für die nähere Umgebung der Klappe (Rohrdurchmesser, Zulauf, Krümmer usw.). Von der theoretischen Forderung gleicher Reynolds'schen Zahlen kann im vorliegenden Falle, wo es sich nicht um reine Reibungserscheinungen handelt, ohne nennenswerte Fehler abgewichen werden, da bei nicht anliegender Strömung und Wirbelbildungen nach den bisherigen Erfahrungen der experimentellen Strömungslehre die Widerstände und Drücke in weiten Grenzen praktisch unabhängig von der Reynolds'schen Zahl sind.

Allerdings können an der Klappenoberfläche, wie die hier zu besprechenden Messungen zeigen, insbesondere an der Hinterseite gegenüber dem Gegendruck so grosse Unterdrücke auftreten, dass bei der Wasserströmung der Dampfdruck des Wassers stellenweise erreicht wird. Von diesem Moment an tritt in Wirklichkeit Kavitation (Hohlraumbildung) auf, eine Erscheinung, die durch den Luftversuch nicht erfasst werden kann. Beim Wasserbetrieb kann der Druck nicht unter den Dampfdruck sinken, wohl aber beim Luftbetrieb. Im Betriebsfalle mit Wasser werden daher die Druckunterschiede und damit die resultierenden Kräfte und Momente bei Auftreten von Kavitation geringer sein, als man sie aus dem Luftversuch errechnet.

Bei Beachtung dieser Umstände bietet der Ersatz der Wasserströmung durch den Luftversuch erhebliche Vorteile: Geringe Versuchskosten, rasches und übersichtliches Messverfahren infolge kleiner Modelle (Holz), kleine Antriebsleistungen der Versuchseinrichtung, Möglichkeit genauer Messung von Drücken und Geschwindigkeiten an den zu untersuchenden Modellen durch passende Druckanbohrungen an beliebigen Stellen. Im Folgenden werden von den ausgedehnten Untersuchungen von Escher-Wyss ausführliche Messresultate an einer einzelnen Klappe, sowie an zwei kombinierten Drosselklappen besprochen, wie sie ältere Versuche mit Wasser nicht zu liefern vermochten.

### II. Die Versuchseinrichtungen.

Abb. 1 gibt einen Ueberblick der Versuchsanordnung. Von links tritt, von einem Gebläse geliefert, Luft unter Überdruck von 50 bis 100 mm WS in einen Beruhigungsbehälter mit Gleichrichter. Ein düsenförmiger Einlauf führt weiter zum eigentlichen Rohrquerschnitt ( $D = 194$  mm). Am Beginn der Modellrohrleitung im Abstand rd. 4 D von der Drosselklappe sind am Umfang Druckmessstellen ringsum gleichmäßig verteilt, an denen der Druck  $p_1$  ( $\text{kg}/\text{m}^2 = \text{mm WS}$ ) vor der Klappe gemessen wird. Eine Rückwirkung der Klappe ist bis zur Stelle des Eintrittsdruckes  $p_1$  nicht mehr spürbar. Der Gegendruck nach der Klappe sei mit  $p_2$  bezeichnet, mit  $p_0$  der zur Verfügung stehende Gesamtdruck  $p_0 = p_1 + \rho c_1^2/2$  [ $\rho = \gamma/g$  = Dichte ( $\text{kg sec}^2 \text{m}^{-4}$ ) des Strömungsmediums,  $c_1$  = Geschwindigkeit ( $\text{m/sec}$ )] entsprechend dem Gefälle  $H$  in m ( $\gamma H = p_0 - p_2$ ).  $p_0$  wurde vor dem Eintritt mittels Pitot-Rohr bestimmt. Die mittlere Geschwindigkeit im Rohr folgt unter Vernachlässigung kleiner Reibungsverluste im Einlauf einfach zu

$$c_1 = \sqrt{\frac{p_0 - p_1}{\rho/2}} = \sqrt{2gH}$$

Im Abstand 1,25 D von der Achse der ersten Drosselklappe kann eine zweite eingebaut werden. Dann schliesst sich eine

<sup>1)</sup> Ein analoger Ersatz von Dampf durch Luft und die sich daraus ergebenden versuchstechnischen Vorteile zur Behandlung von Strömungs-Problemen der Dampftechnik wurden bereits früher behandelt. Vergl. Prof. Dr. J. Ackere, Dr. C. Keller, Dr. F. Salzmann: «Die Verwendung von Luft als Untersuchungsmittel für Probleme des Dampfturbinenbaues», «SBZ», 1934, Bd. 104, S. 259\*, 275\*, 292\*.

<sup>2)</sup> Eine Zusammenstellung der bisher veröffentlichten Drehmoment-Messungen an Wasserkäppen und einige grundsätzliche Erkenntnisse gibt Ing. L. Du Bois: «A propos des vannes-papillon», Bulletin Technique de la Suisse Romande, 1934, S. 55, 61.