

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 31/32 (1898)
Heft: 10

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: 20.02.2026

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

INHALT: Versuche über das Ausströmen von Luft durch konisch divergente Rohre. I. — Internationales metrisches Normalgewinde für Befestigungsschrauben; Wettbewerb für ein neues Stadttheater in Bern. II. — Miscellanea: Verschiebung eines massiven Wohngebäudes im Bahnhof Aschaffenburg. Fortschritte im Bau der Central-London-Bahn. Belastungsversuche an einer eisernen Brücke im Tervueren (Brüssel). Die Untertunnelung der Meerenge von Gibraltar. Elektrisches Läuten von Kirchenglocken. Ueber die neueren Bestrebungen zur Verbesserung des Oberbaus auf deutschen Bahnen. Die älteste bekannte Vermessung. Der Zerograph. Brücke über den Roten Fluss bei Hanoi (Tonkin). Dampfturbinen als Schiffsmotoren.

Die Einführung zweistöckiger elektrischer Strassenbahnwagen mit Decksitzen. Deutsches Bauernhaus. Das neue Polytechnikum in Kiew. Die längste Eisenbahnstrecke ohne Kurven. Eidg. Polytechnikum. Bau einer Pragelstrasse. Die Herstellung einer Eisenbahnverbindung von Egypten durch Arabien nach dem Persischen Golf. — Konkurrenz: Gebäude „La Solitude“ in Lausanne. Primarschulhaus in Sitten. Bezirks- und Mädchen-Sekundarschulgebäude in Olten. Neubau der französisch-reformierten Kirche in Biel. Vollendungsbau des Rathauses zu Göttingen. — Nekrologie: †J. Lepori. †Robert Roller. — Literatur: Eingeg. Jitter. Neuigkeiten. — Vereinsnachrichten: Stellenvermittlung. XXIX. Adressverzeichnis.

Versuche über das Ausströmen von Luft durch konisch divergente Rohre.

Von Prof. A. Fliegner.

I.

Die nachstehend mitgeteilten Versuche sind durch die *de Laval'sche* Dampfturbine veranlaßt worden. Bei dieser Turbine findet sich eine eigentlich geformte Leitvorrichtung angewendet, nämlich ein divergentes Rohr, das mit einer Abrundung an die Dampfzuleitung anschliesst und an dessen äusserem Ende noch ein kurzes cylindrisches Stück vom Durchmesser der stärksten Erweiterung angefügt ist. In verschiedenen Veröffentlichungen über diese Maschine¹⁾ wird als Zweck dieser Form des Einlaufes angegeben, dass dadurch der Druck im Dampfstrahle bis auf den Druck in der Turbinenkammer heruntergebracht werden und der Strahl austreten solle, ohne sich seitlich zu zerstreuen. Es wird auch hinzugefügt, dass das vollständig erreicht sei, dass sich ein geschlossener Strahl mit gelegentlich über 1000 m Geschwindigkeit bilde, während die Geschwindigkeit bei einer gut abgerundeten Mündung wegen der grösseren Pressung in der Mündungsebene kaum halb so gross sein würde. Dagegen ist nichts darüber gesagt, auf welchem Wege die behauptete Druckabnahme und grosse Geschwindigkeit festgestellt sein wollen. Ich vermute aber, dass es teilweise auf dem Wege der Rechnung geschehen und dabei angenommen worden ist, die Zustandsänderung in der Erweiterung erfolge *adiabatisch*.

Alle diese Annahmen über den Einfluss der Erweiterung des Rohrquerschnittes sind mir von Anfang an nicht recht sicher erschienen. Ich hatte schon bei einer früheren Gelegenheit, gestützt auf Versuche, die Ansicht ausgesprochen²⁾, dass beim Ausströmen einer Flüssigkeit in einen mit gleichartiger Flüssigkeit angefüllten Raum der Druck im bewegten Strahle in der Mündungsebene stets grösser bleibt als der Druck in der ruhenden Flüssigkeit vor der Mündung. Daher konnte ich nicht annehmen, dass der Druck im Dampfstrahle beim Austritt aus der Leitvorrichtung schon auf den Druck in der Turbinenkammer gesunken sein sollte. Andere Versuche³⁾ haben mir bewiesen, dass beim Durchströmen elastischer Flüssigkeiten durch divergente Rohre ziemlich grosse Widerstände auftreten. Diese machen nun eine adiabatische Zustandsänderung unmöglich, namentlich wenn der Dampf im Beharrungszustande der Bewegung, wie ich auch annehme, an die Wandungen gar keine, oder doch nur wenig Wärme abgibt.

Fragen, wie die hier angedeuteten, lassen sich nur auf dem Wege des Versuches entscheiden. Mit Dampf hätte ich aber nicht gut arbeiten können, musste mich also damit begnügen, Luft anzuwenden. Luft und Dampf verhalten sich bei der Bewegung wesentlich gleich, so dass allgemeine Ergebnisse ohne weiteres von Luft auf Dampf übertragen werden können. Dagegen gelten für Luft gefundene Konstanten nicht gleichzeitig auch für Dampf. Ich habe also die Versuche von vornherein so angeordnet und nachgerechnet, dass ich nicht auf die Ermittlung von Ausflusskoeffizienten, sondern nur auf eine Vergleichung der verschiedenen Fälle unter sich, lossteuerte. Namentlich kam es mir darauf an, festzustellen, wie die Änderung des Druckes nach der Länge des Rohres und im Querschnitt von der Konicität des Rohres abhängt. In einer Anzahl von Fällen habe ich auch noch die Ausflussmengen beobachtet.

¹⁾ Schweiz. Bauztg. 1894, Bd. XXIII, Seite 54, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingen. 1894, Seite 31 u. 796 und 1895, Seite 1190.

²⁾ Civilingenieur, 1877, Bd. XXIII, Seite 466.

³⁾ Schweiz. Bauztg. 1892, Bd. XX, Seite 121-123.

Die Versuche sind mit dem Luft-Ausfluss-Apparat der mechanisch-technischen Abteilung des eidgenössischen Polytechnikums angestellt. Es ist das ein liegender cylindrischer Kessel von $0,818531 \text{ m}^3$ Inhalt. Zu seiner Füllung dient eine Luftpumpe, die durch einen hydraulischen Motor getrieben wird. Am Kessel ist ein Hahn angebracht, auf dem Ausflussvorrichtungen so aufgeschraubt werden können, dass ihre Achse vertikal nach aufwärts gerichtet ist.

Als Ausflussmündungen habe ich zwei Rohre benutzt, die weiterhin als „Rohr 1“ und „Rohr 2“ bezeichnet sind. Ihre Anordnung zeigt Fig. 1 in der halben natürlichen Grösse. Beide Rohre beginnen mit einer guten Abrundung. Zunächst waren sie beide cylindrisch ausgebohrt, und zwar auf einen Durchmesser von 5,17 mm. Dieser Durchmesser und die später noch angegebenen sind mit konischen Masstäben gemessen, die die Zehntel Millimeter unmittelbar abzulesen, die Hundertstel noch mit genügender Genauigkeit einzuschätzen gestatten. Nachdem eine Versuchsreihe abgeschlossen war, wurden die Rohre mit besonderen, zu diesem Zwecke hergestellten Reibahlen jedesmal auf eine stärkere Konicität erweitert, doch war dafür gesorgt, dass am Anfang, nach der Abrundung, ein Stück von reichlich 1 cm Länge cylindrisch vom Durchmesser von 5,17 mm blieb. Angegeben ist weiterhin nur der Durchmesser d_a am äusseren Ende des Rohres. Das kurze cylindrische Stück des *de Laval'schen* Turbineneinlaufes habe ich bei den von mir benutzten Rohren weggelassen; ich glaube nicht, dass es auf die hier zu untersuchenden Fragen einen wesentlichen Einfluss ausübt, dagegen hätte es die Anfertigung der Reibahlen umständlicher gemacht.

Die Pressungen wurden zunächst an drei Stellen der Länge der Rohre durch Seitenbohrungen von etwa 1 mm Durchmesser beobachtet. Die eine Bohrung befand sich in dem engen, cylindrischen Teile, die andere 7,5 mm vor dem Ende des Rohres, die dritte angenähert in der Mitte zwischen den beiden ersten. Der gegenseitige Abstand der Bohrungen war bei den beiden Rohren bis zu 1 mm verschieden ausgefallen; in der Figur sind die Mittelstellungen aus beiden Rohren angegeben. Die Punkte sind gleich bezeichnet wie in späteren Darstellungen über den Zusammenhang der Pressungen an den verschiedenen Stellen, nämlich im cylindrischen Teile mit einem einfachen Kreischen für den dortigen Druck p_o , in der Mitte der Rohrlänge für p_1 mit einem Kreischen und einem unter 45° von links oben nach rechts unten geneigten Durchmesser, am Ende des Rohres für p_2 mit einem Kreischen und einem senkrechten Durchmesser.

Da die Seitenbohrungen genügend gross sind, um eine rasche Druckausgleichung zu gestatten, so konnte ich diese Pressungen und auch den Druck p_i im Inneren des Kessels bei abnehmendem Drucke beobachten. Dazu benutzte ich bei höheren Pressungen drei grosse Röhrenfeder-Manometer mit Schreibvorrichtung, auf denen ich gleichzeitig je drei der zu beobachtenden Pressungen aufzeichnen konnte. Die erhaltenen Punkte wurden stets gleich nach dem Versuche mit einem offenen Quecksilbergefäß-Manometer

Fig. 1.

