Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109/110 (1937)
Heft: 20

Artikel: Zweidimensionale Strömung schiessenden Wassers
Autor: Preiswerk, Ernst
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-49050

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: 13.07.2025

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

INHALT: Zweidimensionale Strömung schiessenden Wassers. — Neuere schweizerische Luftseilbahnen für beschränkte Personenbeförderung. — Bündner Bergbauten. — Vergleich der Wirtschaftlichkeit öffentlicher Nahverkehrsmittel in Russland. — Mitteilungen: Neues Dampfkraftwerk in Nijmegen (Holland). Eisenbeton und Feuersicherheit. Neue Flugzeughallen in Deutschland. Eidg. Techn. Hochschule. Mostra Ticinese d'Arte, Lugano 1937. Rückgang der Arbeitslosigkeit. Anhänger-Wohnwagen. Biologische Reinigung des Abwassers ohne Vorklärung. Internat. Wohnungs- und Städtebau-Kongress Paris. Zweites Geleise Flums-Sargans. — Neuer Antennenturm des Landessenders Beromünster. — Schweizer. Landesplanung. — Nekrolog: Albert Beutter. — Literatur.

Band 109 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. 20

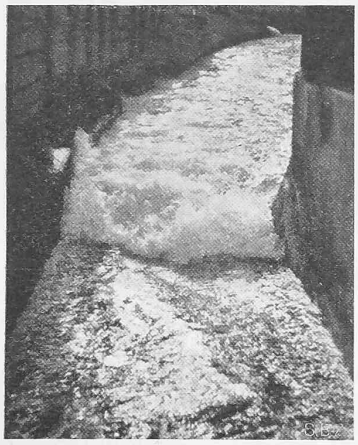

Abb. 1. Gerader Stoss.

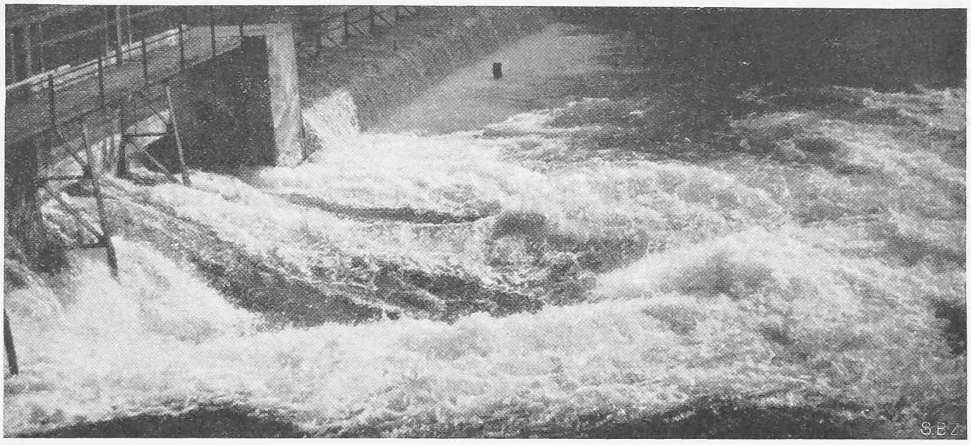

Abb. 2. Schiefer Stoss.

Zweidimensionale Strömung schiessenden Wassers

Von Dipl. Ing. ERNST PREISWERK, Inst. für Aerodynamik, E. T. H.

Es ist schon lange bekannt, dass eine Analogie besteht zwischen einer Strömung von Wasser mit freier Oberfläche auf horizontalem Boden und der ebenen Strömung eines kompressiblen Gases. Bereits 1911 ist von *Isaachsen*[1]) darauf hingewiesen worden, und er hat einige darauf bezügliche Versuche angestellt. Später hat auch *Riabouchinsky*[2]) aus der Kontinuitäts- und der Energiegleichung theoretisch geschlossen, dass die Analogie der beiden Strömungsarten besteht. Allerdings folgt aus den beiden erwähnten Gleichungen, dass die Strömungsarten nur dann verglichen werden können, wenn das Verhältnis der spezifischen Wärmen des Vergleichsgases bei konstantem Druck und bei konstantem Volumen $k = 2$ ist. Es liegt nun nahe, die Theorie der kompressiblen Gasströmungen, die in neuerer Zeit durch *Prandtl*, *Meyer*[3]) und besonders durch *Busemann*[4]) gefördert worden ist, auf die Berechnung der Wasserströmungen anzuwenden.

Die Wasserströmung in einem symmetrischen, rechteckigen Kanal von variabler Breite wird in der Gegend des engsten Querschnittes eindimensional, d. h. die Hauptströmung hat dort die Richtung der Kanalaxe, und die Quergeschwindigkeit ist vergleichsweise klein. Für die analoge Gasströmung hat *Th. Meyer* in seiner Dissertation schon 1908 durch einen Reihenansatz das Geschwindigkeitspotential und damit die Strömung in der Umgebung des engsten Querschnittes gefunden. *A. M. Binnie* und *S. G. Hooker*[5]) haben nun in letzter Zeit die analogen Ueberlegungen für die eindimensionale Wasserströmung im engsten Querschnitt des Kanales durchgeführt.

Auf Anregung von Prof. Dr. *J. Ackeret* (Zürich) habe ich in einer bald abzuschliessenden Arbeit die Analogie der stationären *zwei*dimensionalen Strömung von Wasser mit der kompressiblen ebenen Gasströmung näher untersucht. Die Differentialgleichung für das Geschwindigkeitspotential der ebenen Wasserströmung ergibt sich zu

$$\Phi_{xx}\left(1-\frac{\Phi_x^2}{gh}\right)+\Phi_{yy}\left(1-\frac{\Phi_y^2}{gh}\right)-2\,\Phi_{xy}\,\frac{\Phi_x\,\Phi_y}{gh}=0.$$

Das ist die nämliche Gleichung wie für das Geschwindigkeitspotential der Gasströmung[6]). Es zeigt sich, dass der Schallgeschwindigkeit im Gas die Grundwellengeschwindigkeit im Wasser, und dass damit der Ueberschallströmung das schiessende Wasser entspricht; dabei spielt die Wassertiefe die Rolle der Gastemperatur und gleichzeitig der spezifischen Masse des Gases. Wichtig ist, dass die analoge Grösse zum Druck in der Gasströmung beim Wasser das Quadrat der Wassertiefe ist; damit entsprechen einander in beiden Strömungsarten die Gesamtkräfte auf die seitlichen Begrenzungen.

Busemann hat eine Theorie entwickelt zur Berechnung von zweidimensionalen Ueberschallströmungen. Nun habe ich die analogen Ueberlegungen für die zweidimensionale Wasserströmung gemacht. Solange keine Stösse vorkommen, kann man mittels eines Hodographen-Charakteristikendiagrammes für $k = 2$ das Strömungsbild entwerfen. Wenn aber Stösse vorkommen (Abb. 1 und 2), so ist die Analogie der beiden Strömungsarten (kompressibles Gas und Wasser mit freier Oberfläche) nicht mehr vollständig. Der Grund dafür liegt darin, dass bei einem Stoss ein Teil der kinetischen Energie in Wärme umgesetzt wird. Für eine Gasströmung tritt diese Wärme wieder in der Energiegleichung nach dem Stosse auf, während die entstandene Wärme beim Wasser als «verlorene» Energie zu behandeln ist. Für Wasser musste deshalb eine eigene Stosstheorie entwickelt werden. Abb. 3 zeigt die gefundenen sog. Stosspolaren, die von den

[1]) *I. Isaachsen:* Innere Vorgänge in strömenden Flüssigkeiten und Gasen. «Z. VDI», 1911.

[2]) *D. Riabouchinsky:* Sur l'analogie hydraulique des mouvements d'un fluide compressible. «C. R. de l'académ. des sciences», Nov. 1932.

[3]) *Th. Meyer:* Ueber zweidimensionale Bewegungsvorgänge in einem Gas, das mit Ueberschallgeschwindigkeit strömt. Dissert. Göttingen, 1908.

[4]) *A. Busemann:* Gasdynamik. Handbuch der Experimentalphysik, Band 4, I. Teil, 1931.

[5]) *A. M. Binnie* und *S. G. Hooker:* The Flow under Gravity of an Incompressible and Inviscid Fluid through a Constriction in a Horizontal Channel. Proceedings of the Royal Society A. Nr. 899, April 1937.

[6]) *J. Ackeret:* Gasdynamik. Handbuch der Physik, Band VII, 1925, Seite 308.

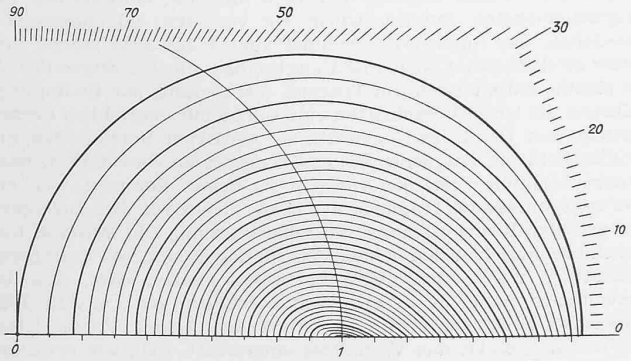

Abb. 3. Stosspolaren für Wasser. Einheit $a_1^* = 1$, $C_{max}/a^* = \sqrt{3}$.

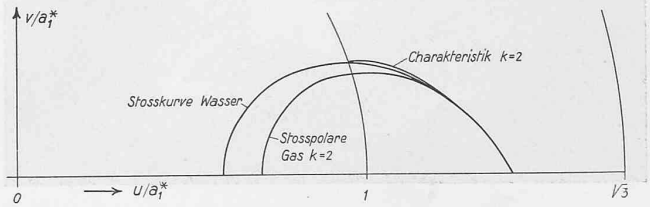

Abb. 4. Abweichung des Wasserstosses vom Gasstoss.

Gasstosskurven abweichen. Allerdings ergibt sich sogar für relativ heftige schiefe Stösse ein sehr geringer Stossverlust, sodass die Analogie der beiden Strömungsarten auch für solche Strömungen gilt, in denen kleinere Stösse vorkommen. Um einen Vergleich zu haben, ist in Abb. 4 eine Stosspolare für Wasser und die entsprechende Stosspolare für ein Gas ($k = 2$) gezeichnet. Gleichzeitig ist in jener Abbildung die zugehörige Charakteristik eingezeichnet — für Gas mit $k = 2$ und für Wasser dieselbe Kurve —, um zu zeigen, wie für kleiner werdende Stösse die beiden Stosspolaren ineinander, und beide zusammen in die Charakteristik übergehen.

Mit Hilfe von Charakteristik und Stosspolare ist es nun möglich, eine grosse Mannigfaltigkeit von technisch wichtigen Aufgaben, wie z. B. Strömung um Pfeiler, Ausfluss aus Schleusen usw. grundsätzlich korrekt zweidimensional zu behandeln.

Neuere schweizerische Luftseilbahnen für beschränkte Personenbeförderung

Von Ing. ALFRED OEHLER, Aarau

I. ALLGEMEINES. Die Konstruktion und der Betrieb der Luftseilbahnen im Gebirge, dieser bisher meist sehr primitiven Transportmittel der Bergbauern, haben in den letzten Jahren durchgreifende Aenderungen erfahren, weil die sich mehrenden Unfälle die Behörden einzelner Kantone veranlassten, gesetzliche Vorschriften in Kraft zu setzen. Durch das Gesetz über den Postverkehr war ursprünglich die Benützung von Luftseilbahnen durch Personen auf die Eigentümer beschränkt; gegen Entgelt durften Passagiere nicht befördert werden. Seit längerer Zeit zeigte es sich aber, insbesondere bei einigen grösseren Anlagen in touristisch bevorzugter Lage, dass heute im Zeichen des immer noch zunehmenden Berg- und namentlich Wintersportes dieses Verbot nicht mehr aufrecht zu erhalten war. Anderseits ging es auch nicht an, den stets wachsenden Personenverkehr auf den bestehenden „Drahtseilen", wie diese Anlagen von der Bergbevölkerung kurz genannt werden, bedingungslos freizugeben, weil in weitaus den meisten Fällen die Sicherheit der Konstruktionen geradezu bedenklich erschien.[1]) Ebenso wenig war mit Rücksicht auf den Umstand, dass es sich um in erster Linie der Gebirgsbevölkerung dienende Transportmittel handelt, daran zu denken, sie der eidgen. Konzessionspflicht zu unterwerfen, weil dadurch die Anlage- und Betriebskosten für die Eigentümer unerschwinglich geworden wären. Der Ruf nach Gebirgshilfe verlangte eine Zwischenlösung.

[1]) Vgl. z. B. Oberrickenbach-Bannalp, auf S. 81* von Bd. 107. Red.

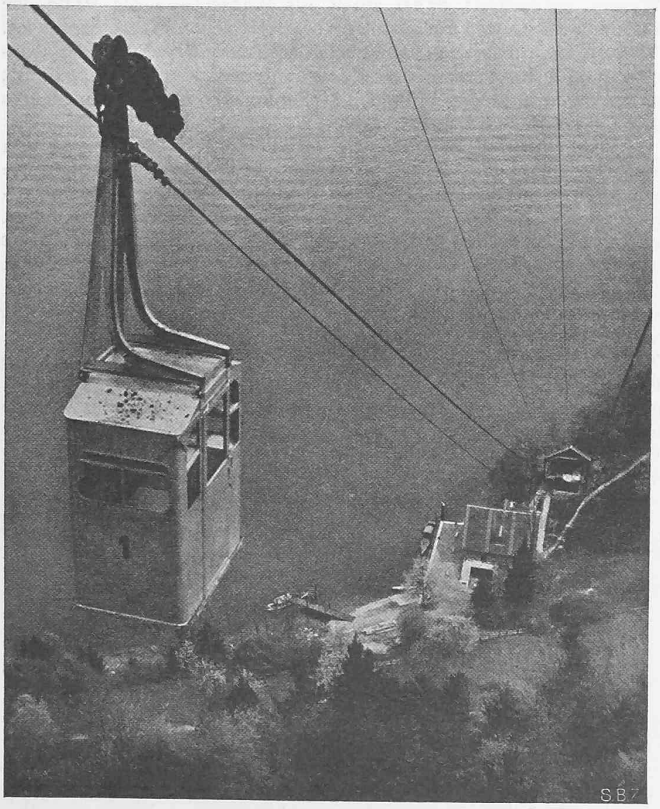

Abb. 3. Luftseilbahn Matt-Mattgrat am Bürgenstock.

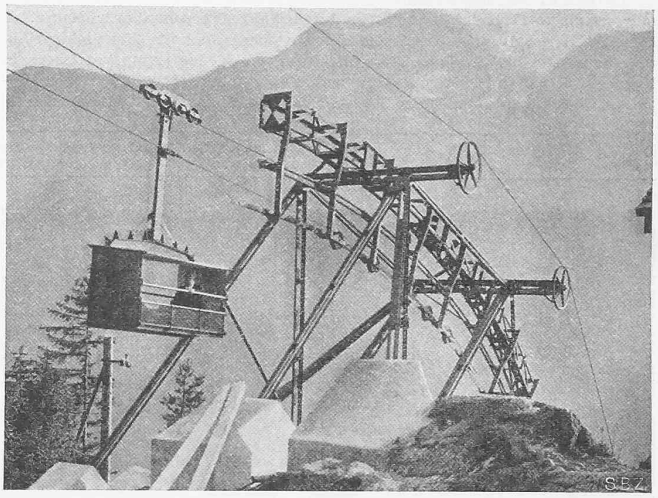

Abb. 1. Gefällsübergang der Luftseilbahn Erstfeld-Schwandi.

Vom Kanton Uri ging deshalb die Anregung aus, für die, land- und forstwirtschaftlichen Zwecken dienenden Luftseilbahnen im Gebirge, unter Voraussetzung ausreichender Sicherheit für die Benützer, eine Ausnahmestellung zu schaffen durch Bewilligung von nicht dem Postgesetz unterstehenden Personentransporten in beschränktem Ausmass.

Durch Bundesratsbeschluss vom 13. Okt. 1932 wurde die Beförderung von höchstens vier Personen pro Fahrzeug gestattet und den Kantonen die Kontrolle derartiger Seilbahnen überbunden. Auch steht den Kantonen das Recht zur Aufstellung bezüglicher Vorschriften zu. Der Kanton Uri, der bereits eine ziemlich ausführliche Verordnung über Erstellung und Benützung von Drahtseilbahn- und Luftseilbahn-Anlagen besass (vom 3. März 1927), ging sofort daran, diese Verordnung den neuen Verhältnissen entsprechend auszubauen und erliess am 10. März 1933 die heute in Uri gültige „Verordnung über die Erstellung und Benützung von Luftseilbahnen". Am 3. Juli 1934 wurde alsdann ein Bundesratsbeschluss veröffentlicht, der jene Luftseilbahnen ohne Bundeskonzession betrifft, deren Ersteller Anspruch auf Subvention zur Förderung der Land- und Forstwirtschaft erheben.

Obschon nun diese eidg. Vorschriften gegenüber jenen von Uri wegen der Verschärfung einzelner Bestimmungen teurere Anlagen erfordern, sich also vom ursprünglich beabsichtigten Zweck wieder entfernen, haben doch verschiedene Kantone sie unverändert für ihr Gebiet in Kraft erklärt. Es bleibt nun abzuwarten, was mit den vielen bestehenden „Drahtseilen" geschehen wird, die weder auf den Personentransport verzichten, noch vorschriftsgemäss umgebaut werden können, weil dazu die Mittel fehlen. Schon macht sich da und dort die Tendenz bemerkbar, nur noch „Warenseile" zu erstellen, um die sich weder Bund noch Staat zu kümmern haben. Welche Hintergedanken dabei gehegt werden, ist kein Geheimnis; die Frage ist nur, ob später die Behörden den Willen und die Macht haben, die Personenbeförderung tatsächlich zu unterbinden. Wenn nicht, dann bleiben eben die Verhältnisse genau so unbefriedigend wie ehedem; die Schuld liegt zum guten Teil daran, dass manches gefordert wurde, was nicht unbedingt nötig ist, jedenfalls mehr als sich mit den zur Verfügung stehenden Mitteln erreichen lässt.

Die wichtigsten Bestimmungen der genannten *Vorschriften über die „Kleinseilbahnen"* seien nachstehend kurz erwähnt. Mit Bezug auf die Urner Vorschriften, die vor den eidgenössischen aufgestellt wurden, begnüge ich mich mit dem Hinweis auf die hauptsächlichsten Punkte, worin sie von den eidgenössischen abweichen. Der Bundesratsbeschluss vom 3. Juli 1934 macht entweder zwei Zugseile oder eine Fangbremse, die bei Zugseilbruch die Kabine automatisch am Tragseil festklemmt, zur Bedingung, während die Urner Vorschriften eine solche nur empfehlen. Ferner verlangt der Bund, im Gegensatz zu den Urner Vorschriften, die Möglichkeit, die Tragseile periodisch derart zu verschieben, dass andere Seilstellen auf die Auflager zu liegen kommen, weil erfahrungsgemäss die Tragseile auf bezw. direkt vor den Auflagern der grössten Beanspruchung unterworfen sind. Die weiteren Unterschiede zwischen den beiden Verordnungen sind von geringerer Bedeutung, wenn auch nicht unerwähnt bleiben darf, dass die Berechnung nach dem Bundesratsbeschluss vom 3. Juli 1934 schwerere Tragseile ergibt als nach den Urner Vorschriften. Für das Zugseil ist das Verhältnis umgekehrt, weil, wie erwähnt, in Uri die Fangbremse fehlen darf.