

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 101/102 (1933)
Heft: 3

Artikel: Experimentelle Bestimmung der Beanspruchung von Bauwerken, die einer zeitlich veränderlichen Strömung ausgesetzt sind
Autor: Meyer-Peter, E. / Favre, Henry
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-82937>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.05.2025

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

INHALT: Experimentelle Bestimmung der Beanspruchung von Bauwerken, die einer zeitlich veränderlichen Strömung ausgesetzt sind. — Die schweizerischen Landessender in Beromünster und Sottens. — Ein neues Forschungslaboratorium für Aluminium und seine Legierungen. — Mitteilungen: Luftabscheider, System Rateau, für Kondensationsanlagen. Motorfundamente auf Schiffen. „Z-Haus“ in Zürich. Die

Frauenklinik der Universität Berlin. Der Genfer Automobilsalon. — Nekrologe: Max Müller. Walter Siegfried. Theodor Bell. — Wettbewerbe: Gedenkbrennen für A. Forel, Zürich. Holzhaus-Wettbewerb der „Lignum“ und des S.W.B. Ensemble architectural de l'ancien Evêché à Lausanne. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 101

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. 3

Experimentelle Bestimmung der Beanspruchung von Bauwerken, die einer zeitlich veränderlichen Strömung ausgesetzt sind.

Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau an der E. T. H. von Prof. E. MEYER-PETER und Dr. HENRY FAVRE.

Einleitung.

Die Dimensionierung von Wasserbauten erfordert die Kenntnis der von der Strömung auf die Einzelteile des Bauwerks ausgeübten Drücke. Je nach der Art dieser Strömung können diese Beanspruchungen verschiedene Formen annehmen:

1. Hydrostatische Drücke im Falle ruhenden Wassers.
2. Drücke, die von bewegtem Wasser ausgeübt werden, wobei die Bewegung stationär sein kann.

a) Ist die Strömung angenähert parallel zu den eingetauchten Flächen des Bauwerks, so lassen sich auch hier die ausgeübten Drücke auf Grund hydrostatischer Gesetze ermitteln, vorausgesetzt, dass die Lage des Wasserspiegels bekannt ist. In irgend einem Punkte unterhalb der Wasseroberfläche ist der spezifische Druck einfach gleich dem Gewicht der über diesem Punkt liegenden Wassersäule.

b) Bei stark gekrümmten Wasserfäden, bzw. heftiger Turbulenz, sind die hydrostatischen Gesetze nicht mehr anwendbar. Dagegen ist die direkte Messung der auftretenden Pressungen an einem Versuchsmodell mit gewöhnlichen Standrohren bei nicht zu starker Pulsation leicht möglich. Gewisse Vorsichtsmassregeln sind bei der Durchführung der Versuche allerdings erforderlich.

3. Bei zeitlich *veränderlicher Bewegung*, wie z. B. bei der Bestimmung der Stosswirkung des Wellenschlages usw., begegnet die rechnerische Ermittlung der auftretenden Kräfte sehr grossen Schwierigkeiten, denn die zeitlich veränderliche Bewegung ist als solche noch wenig erforscht, sodass ihre Auswirkung auf feste Körper nur auf Grund unsicherer Hypothesen ermittelt werden kann. So erhält man denn auch beim Versuch der Berechnung der Wellenstosskraft auf eine Quaimauer oder eine Mole nach den bisher bekannten Theorien stark voneinander abweichende Werte. Ähnlich verhält es sich bei anderen Aufgaben, bei denen zeitlich veränderliche Strömungen eine Rolle spielen.

Der einzige Weg, der zur Zeit einige Aussicht auf Erfolg bietet, ist der experimentelle, sei es nun, dass beispielsweise der Wellenstoss an einem fertigen Bauwerk mit Dynamometern gemessen werde, sei es durch Modellversuche. Diese letzte Methode, die allerdings auch gewisse Schwierigkeiten mit sich bringt, soll im Nachstehenden beschrieben werden.

Handelt es sich um die Bestimmung *lokaler Drücke*, die in irgend einem Punkte des Modells zu irgend einer Zeit auftreten, so ist die Messung streng genommen auf kleine Flächenteile zu beziehen, die praktisch einem Punkt vergleichbar sind. Hier begegnet man der ersten Schwierigkeit, indem die dann auftretenden Kräfte klein sind gegenüber den in Betracht kommenden bewegten Massen, die die Aufgabe haben, diese Kräfte auf einen Registrierapparat zu übertragen. Die Trägheit dieser Massen spielt eine derartige Rolle, dass sie die zu registrierenden Grössen vollständig verfälscht. Wenn dagegen grosse Messflächen gewählt werden, sodass die bewegten Massen nur noch geringen Einfluss haben, so werden die Resultate deshalb ungenau, weil sie nicht mehr die gewünschten lokalen Kräfte darstellen.

Verhältnismässig leicht sind solche Messungen durchzuführen, bei denen die Veränderung der Drücke in Funktion der Zeit langsam vor sich geht, wie z. B. im Falle

von Schwallwellen, die einen langsamen An- und Abstieg aufweisen. Im Kapitel I soll als Beispiel die Messung des Schwalldruckes auf eine Staumauer behandelt werden.

Auf dem Gebiet der Messung rasch schwankender lokaler Drücke ist durch die quarz-piezo-elektrische Methode ein grosser Fortschritt erzielt worden, weil sie gestattet, die Trägheit bewegter Massen sozusagen vollständig auszuschalten. Jedoch ist dieser Weg zur Zeit noch sehr kostspielig wegen der teuren Apparate zur Aufzeichnung der Schwingungen und wegen der kleinen Werte der zu messenden Drücke bei den hier ins Auge gefassten Problemen.

Die genaue Ermittlung lokaler Druckschwankungen an massstäblich verkleinerten Modellen ist also heute noch schwer durchzuführen. Dagegen gibt es im Wasserbau zahlreiche Aufgaben, bei denen es weniger darauf ankommt, örtliche Messungen vorzunehmen, als vielmehr die Resultierende aller Pressungen auf ein gegebenes Bauwerk zu ermitteln. Für derartige Fälle soll eine von der Versuchsanstalt für Wasserbau ausgebaute Methode beschrieben werden, deren Grundgedanke auf die Arbeiten von H. Krey zurückzuführen ist¹⁾. Es handelt sich um folgende Untersuchungen:

1. Bestimmung der Trossenzüge auf einen Schleppkahn von 2200 t Tragkraft beim Durchschleusen durch die Schleusen des im Bau begriffenen Canal Albert (Belgien).
2. Analoge Aufgabe für die projektierte Schiffschleuse beim Regulierwehr Hemmishofen der Bodenseeregulierung, Schiffstyp ein Rheindampfer von 165 t (Projekt Eidg. Amt für Wasserwirtschaft).
3. Ermittlung der Wellenstosskräfte auf die neue Hafenmole in Wädenswil (Zürichsee), erbaut durch die S. B. B.
4. Analoges Problem für den im Bau begriffenen Quai Perdonnet in Vevey und für den neuen Port de Plaisance in Vevey (Bauunternehmung Losinger & Co., Bern). Im Kapitel II sollen, neben einer Beschreibung der Versuchsmethoden, einige Resultate der Untersuchungen mitgeteilt werden.

1. Messung der lokalen Pressungen, hervorgerufen durch eine Schwallwelle bei der Staumauer Schräb, Kraftwerk Waggital²⁾.

Es handelt sich um die Ermittlung der Stosskräfte auf die Staumauer Schräb im Falle des Eintretens einer grossen Schwallwelle im Stausee Innertal, zufolge eines denkbaren allfälligen Erdschliffs im Staugebiet. Anlass zu den Untersuchungen gab der im Jahr 1925 bei Mühlehorn am Walensee aufgetretene Felssturz, der eine nicht unerhebliche Schwallwelle im See erzeugt hatte. Natürlich konnten die Versuche nur zweidimensional angeordnet werden. Die Frage der Grösse eines solchen Schalles und seiner Ausbreitung auf der Seeoberfläche wurde an Hand theoretischer Ueberlegungen beantwortet, die hier nicht wiedergegeben werden. Die Messung der Stosskraft erfolgte also nur an einem Ausschnitt der Staumauer bei gegebener Schwallhöhe. Der Modellmasstab betrug 1:66 $\frac{2}{3}$, die Schwallen wurden an einem Ende des 14 m langen und 1 m breiten Versuchskanals durch eine Stauwand erzeugt,

¹⁾ H. Krey. Neuere Versuche für Schiffschleusen. Berlin: Zentralblatt der Bauverwaltung. 1914.

²⁾ Diese Versuche sind im Jahre 1926 durch den ersten der beiden Verfasser im Maschinenlaboratorium der E. T. H. ausgeführt worden.

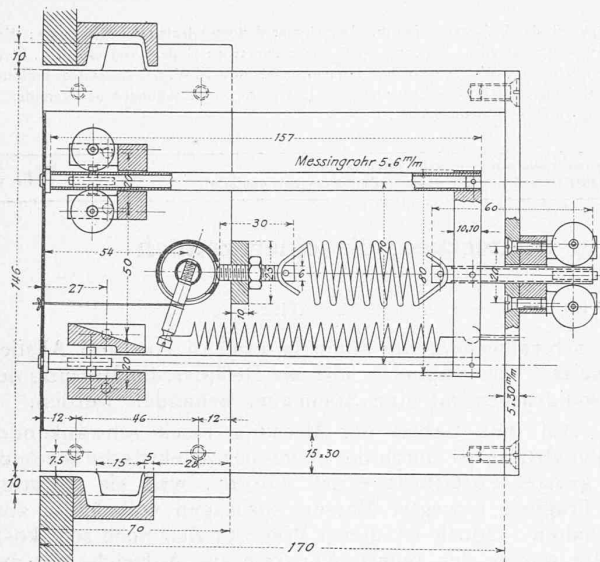


Abb. 1. Dynamometer von Alfred J. Amsler & Cie. für die Messung der lokalen Pressungen, hervorgerufen durch eine Schwallwelle auf das Modell der Staumauer Wäggitäl.

die mit bestimmten Geschwindigkeiten bewegt werden konnte. Am andern Ende des Kanals wurde eine feste Wand, die die Staumauer darstellte, eingebaut. Die Messung der Schwall erfolgte durch Schwimmer, deren Bewegung ein Chronograph registrierte. Zur Messung der Stossdrücke diente ein von Alfred J. Amsler & Co. (Schaffhausen) erstelltes Dynamometer, das in Abb. 1 im Schnitt dargestellt ist, und das in einem Schlitz des Modells in der Vertikalebene durch die Kanalaxe beliebig verschoben werden konnte. Hinter der eigentlichen Stauwand war eine zweite Vertikalwand angebracht, wobei der Zwischenraum bis zur Höhe des ruhenden Stauspiegels mit Wasser gefüllt war, sodass im Ruhezustand auf beiden Seiten der Stossplatte des Dynamometers der gleiche Druck herrschte. Es wurde also direkt der Stossdruck gemessen. Die unvermeidliche Wasserzirkulation zwischen der Stossplatte und dem Rahmen des Apparates ist durch einen Ueberfall in der zweiten Stauwand unschädlich gemacht. Die Bewegung der Stossplatte wird durch zwei Federn auf eine vertikale Welle übertragen, die bis über den Wasserspiegel führt und mit Hilfe eines Schleppzeigers den maximalen Ausschlag des Instrumentes angibt.

Abb. 2 gibt eine Ansicht der Einrichtung, links ist der Versuchskanal sichtbar, in der Mitte der Chronograph und daneben die Staumauer mit der Doppelwand und dem aufgedeckten Schlitz, der das Dynamometer in oberster Lage zeigt. Während der Versuche war die Krone der Mauer gedeckt, weil auch Schwallen untersucht wurden, die über die Mauerkrone schlugen (Abb. 4).

Die Eichung des Dynamometers erfolgte statisch, d. h. bei ruhendem äusseren Wasserspiegel, jedoch befand sich der Apparat in seiner richtigen Lage im Modell der Mauer, sodass ein eventueller sekundärer Einfluss des im Spalt zwischen Stossplatte und Rahmen durchströmenden Wassers bei der Eichung bereits berücksichtigt wurde; die Eichkurve zeigte einen genau geradlinigen Verlauf.

Die Messung der Stossdrücke erfolgte für Schwallen von 1,5 bis 10 cm, oder umgerechnet von 1,00 bis 6,67 m Höhe bei gleichzeitiger Feststellung der Wellenhöhe und deren Fortpflanzung durch den Chronographen. Bei den Versuchen sind zwei Hauptfälle zu unterscheiden: Schwallen, die auch zufolge ihrer Reflexion die Mauerkrone nicht erreichen (Totalreflexion) und Schwallen, die die Mauerkrone überschlagen (teilweise Reflexion). Abb. 3 zeigt als Beispiel die Resultate der Druckmessung für eine Schwallhöhe von 4,67 m (7 cm) bei Annahme genügend hoher Mauerkrone, um Totalreflexion hervorzurufen, Abb. 4 gibt die erhaltenen Drücke für die Schwallen von 5,65 m (8,5 cm)

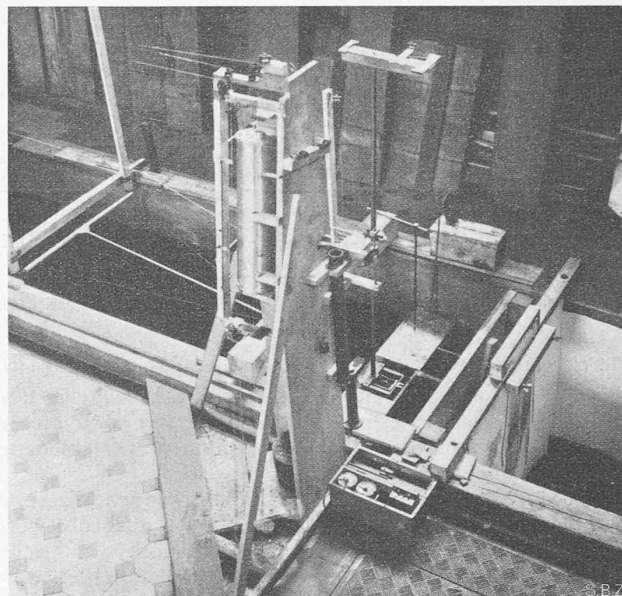
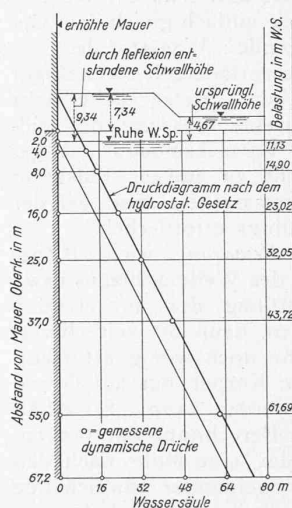


Abb. 2. Versuchseinrichtung für die Messung der lokalen Pressungen bei der Staumauer Wäggitäl. Dynamometer sichtbar im aufgedeckten Schlitz der (während der Versuche gedeckten) Mauerkrone.



Resultate der Druckmessungs-Versuche für die Staumauer Wäggitäl:

Abb. 3. Für eine ursprüngliche Schwallhöhe von 4,67 m Höhe bei totaler Reflexion an der Mauer.

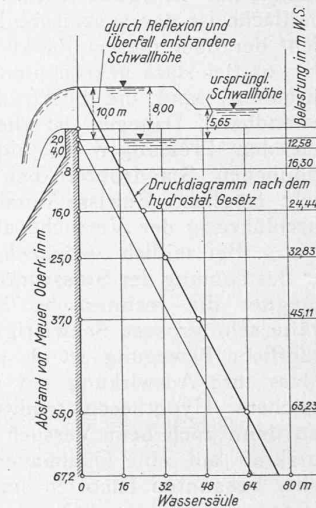


Abb. 4. Für eine ursprüngliche Schwallhöhe von 5,65 m Höhe bei überfluteter Mauerkrone.

Höhe bei überfluteter Mauerkrone. Eine Zusammenfassung der Resultate gibt folgendes Bild:

1. Für einen gegen eine Vertikalwand aufrallenden Schwall, der die Mauerkrone nicht überflutet: a) die Höhe des zurückgeworfenen Schalles ist gleich derjenigen des ankommenden, die beiden Schwallen interferieren im positiven Sinn, sodass der Wasserspiegel bei der Stauwand um den doppelten Betrag der Schwallhöhe ansteigt; b) die Verteilung der Maximalpressungen entspricht annähernd einem statischen Zustand, in dem der gestaute Wasserspiegel gegenüber der Ruhelage um den doppelten Betrag der Höhe des ankommenden Schalls erhöht wäre.⁹⁾

2. Für überflutete Mauerkrone: a) der reflektierte Schwall ist kleiner als der ankommende, nämlich gleich der algebraischen Summe aus zwei Schwallen, von denen der eine positive gleich ist dem ankommenden Schwall, während der zweite negative einem Schwall gleichgesetzt werden kann, der durch den Wasserentzug infolge der Ueberflutung der Mauer bedingt ist. Der Wasserspiegel

⁹⁾ Streng genommen ist der Stossdruck etwas kleiner als gemäss dieser Regel, weil der hydraulische Druck ausser von der Wasserspiegel-lage auch noch von der Vertikalbeschleunigung des Wasserspiegels abhängt. (Siehe Forchheimer, Hydraulik, 1930, Seite 252).

MODELLVERSUCHE DER VERSUCHSANSTALT FÜR WASSERBAU AN DER EIDG. TECHNISCHEN HOCHSCHULE.

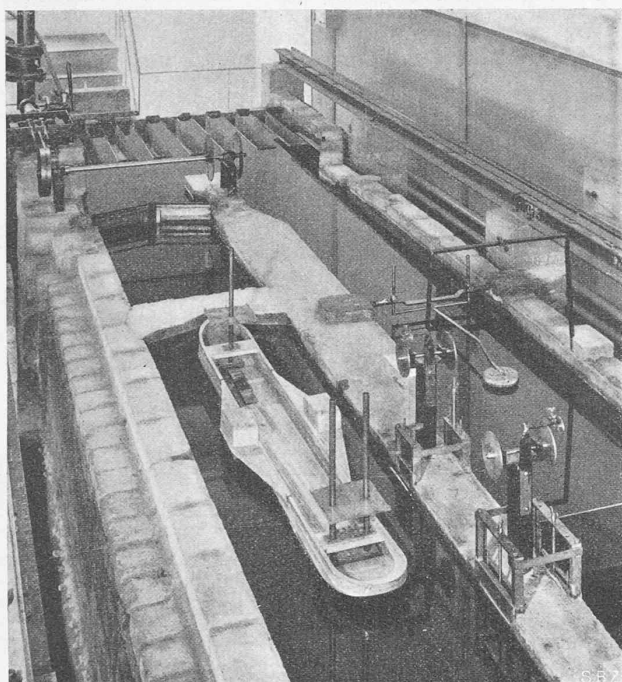


Abb. 6. Versuchseinrichtung für die Messung der Trossenzüge auf einen Dampfer von 165 t Verdrängung, für die projektierte Schiffschleuse des Regulierwehres Hemmishofen am Rhein.

erreicht also vor der Stauwand eine Erhöhung, die gleich ist der doppelten Höhe des ankommenden Schalles, vermindert um die Höhe eines Sunkschalles infolge des überfallenden Wassers. Dieser negative Schwall lässt sich berechnen, da die Wassermenge, die über die Mauerkrone fällt, für den Moment des Höchststandes des Wasserspiegels genügend genau durch die bekannte Formel für den Ueberfall mit breiter Krone gegeben ist⁴⁾; b) die Verteilung der maximalen Stossdrücke entspricht (siehe Fussnote 3) einem statischen Zustand, für den der zugehörige Wasserspiegel auf der oben unter a) definierten Höhe liegt.

II. Methode zur Bestimmung der Resultierenden⁵⁾ der hydraulischen Pressungen auf einen im Wasser befindlichen Körper.

Diese Methode beruht darauf, dass der zu untersuchende Körper im Raum statisch bestimmt in der Weise aufgehängt wird, dass seine Verschiebungen proportional zu den zu messenden Kräften sind. Damit ein starrer Körper, der unter dem Einfluss gegebener äusserer Kräfte steht, sich im Gleichgewicht befindet, müssen die Reaktionen der Aufhängepunkte ein System von Kräften ergeben, das äquivalent, aber entgegengesetzt dem System der äusseren Kräfte ist. Wenn es gelingt, diese Reaktionen in Funktion der Zeit zu messen, so ergibt sich aus ihnen in jedem Zeitpunkt auch die Resultierende der äusseren Kräfte. Zu diesem Zwecke werden die Auflager durch wenig deformierbare Körper ersetzt (Federn, Schwimmer), deren Formänderungen durch einen Chronographen aufgezeichnet werden. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass das System der äusseren Kräfte nicht von der Wahl der Auflager abhängt, sodass diese ganz im Hinblick auf eine bequeme Registrierung ihrer Bewegungen angeordnet werden können.

In allen untersuchten Fällen haben wir das Problem auf ein zweidimensionales zurückführen können. Die Methode würde sich aber ohne weiteres auf dreidimensionale Probleme anwenden lassen.

⁴⁾ Betr. Berechnung der Schwallhöhe bei bekannter Wasserverdrängung, bzw. gegebenem Wasserentzug, siehe S. B. Z. Bd. 100, Juli 1932 (Ueber die Eigenschaften von Schwällen . . .).

⁵⁾ Im allgemeinsten Falle ist hierunter eine Kraft und ein Kräftepaar zu verstehen.

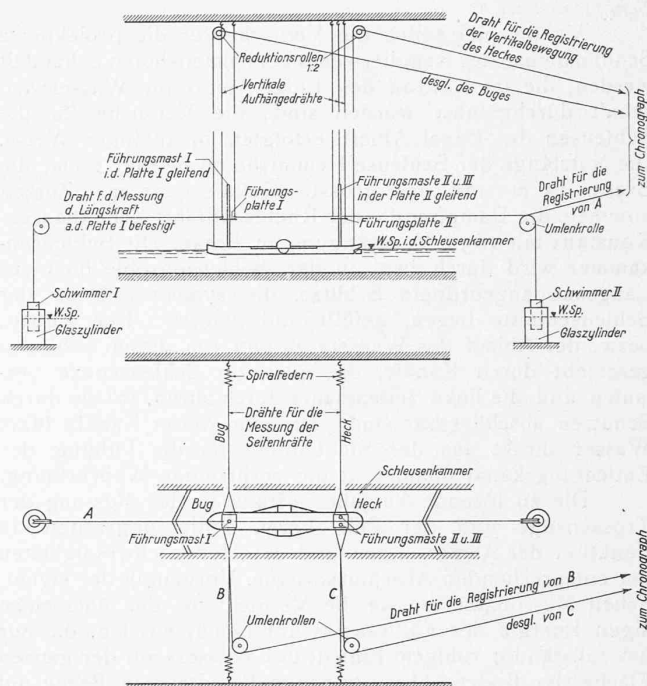


Abb. 7. Schema für die elastische Befestigung des Schiffsmodells zur Messung der Längs- und Quertrossenzüge für die projektierte Schiffschleuse Hemmishofen (der Bodensee-Regulierung).

In Abb. 5 sei eine Scheibe dargestellt, die durch ein System äusserer Kräfte, die in der Scheibenebene liegen und deren Resultierende R sei, beansprucht wird. Die Resultierende soll mit der Zeit veränderlich sein, es handelt sich darum, die Funktion $R(t)$ zu bestimmen. Wir hängen die Scheibe in sechs Punkten a, a', b, b', c, c' vermittelst Stahldrähten und Federn von bekannter Charakteristik an sechs Fixpunkten auf, so zwar, dass die Punkte a und a' , bzw. b und b' , bzw. c und c' mit entsprechenden Drähten in der selben Geraden liegen. Ferner sollen die Geraden $b b'$ und $c c'$ senkrecht zu $a a'$ stehen, wenn die Resultierende der äusseren Kräfte gleich Null ist. Lässt man nun auf die Scheibe eine von der Zeit unabhängige Kraft R wirken, so wird sich die Scheibe leicht verschieben, bis die sechs Federn die Reaktionen A, B und C ergeben, die mit R im Gleichgewicht stehen. Dabei ist A die Resultierende der beiden Federkräfte, die in der Geraden $a a'$

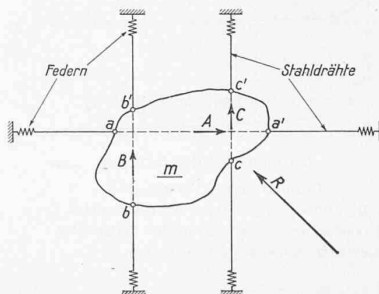


Abb. 5. Schema für die Messung der Resultierenden der hydraulischen Pressungen auf einen im Wasser befindlichen Körper.

liegen usw. Bei bekannten Federkonstanten genügt es also, die Verschiebungen der Punkte a in der Richtung $a a'$, b in der Richtung $b b'$ etc. zu messen, um zunächst die Kräfte A, B und C und damit die Resultierende R zu erhalten.

Ist dagegen R von der Zeit abhängig, so wird die Scheibe eine Schwingung vollziehen. Bei langsamer Änderung von R mit der Zeit und kleiner Masse m der Scheibe sind aber die auftretenden Trägheitskräfte klein und gegenüber den äusseren Kräften vernachlässigbar, sodass auch in diesem Falle die oben beschriebene Methode noch anwendbar ist. Inwiefern die Trägheitskräfte das Versuchsergebnis beeinflussen können, soll im Kapitel V kurz behandelt werden.

III. Anwendung der Methode zur Messung der Trossenzüge von Schiffen während der Füllung und Entleerung von Schiffschleusen.⁹⁾

Als Beispiel sollen die Versuche für die projektierte Schiffschleuse des Regulierwehrs bei Hemmishofen behandelt werden, die im Auftrag des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft durchgeführt worden sind; die Versuche für die Schleusen des Canal Albert erfolgten in analoger Weise. Die Nutzlänge der Schleuse Hemmishofen beträgt 60 m, die Breite 15 m und das grösste Gefälle 3,75 m. Zurzeit kommen die Dampfschiffe der Rheinschiffahrt Schaffhausen-Konstanz mit 165 t Verdrängung in Frage. Die Schleusenkammer wird durch zwei in der Schleusensohle quer zur Längsaxe angeordnete Schlitze, die symmetrisch zu der Schleusenmitte liegen, gefüllt und geleert. Der Zutritt, bzw. der Ablauf des Wassers zu und von diesen Schlitzen geschieht durch Kanäle, die quer zur Schleusenaxe verlaufen und die linke Seitenmauer durchfahren, wo sie durch Schützen abschliessbar sind. Der eine dieser Kanäle führt Wasser direkt aus der Staubhaltung für die Füllung, der Entleerungskanal mündet in die rechtseitige Wehröffnung.

Die zu lösende Aufgabe bestand in der Messung der Trossenzüge und der Füll- bzw. Entleerungszeiten in Funktion der Abmessungen und der Hubgeschwindigkeiten der entsprechenden Abschlussorgane. Vorgängig der eigentlichen Messungen musste die Vernichtung der überschüssigen Energie des Füllwassers untersucht werden, da nur bei vollständig ruhigem Eintritt des Wassers auf der ganzen Fläche der Bodenschlitze günstige Resultate in Bezug auf die Trossenzüge zu erwarten waren.

Ein analoges Problem stellte sich auch für das aus der Schleuse in die rechte Wehröffnung austretende Wasser. Die Untersuchungen, die hier nicht näher beschrieben werden sollen, bestanden in der Prüfung verschiedener im Schleusenkörper angeordneter Energievernichtungskammern.

Es sei bemerkt, dass für die Untersuchungen das Modell der früher geprüften Schleusen des Canal Albert benutzt werden konnte. Die Füllung sowie Entleerung der Schleusen geschieht

durch Segmentschützen, die in den Stemmtoren eingebaut sind, also ohne Umläufe. Abb. 6 zeigt die Versuchseinrichtung; man erkennt die Schleusenkammer mit dem Modell des Dampfschiffs; in der linken Seitenmauer (in der Abb. rechts) sind die Schützen für den Abschluss des Füll- bzw. Entleerungskanals sichtbar, rechts die erste rechte Wehröffnung; im Hintergrund des Bildes die Ueberlaufrinnen zur Konstanthaltung des Oberwasserspiegels während der Schleusenfüllung, sowie die Wasserzufuhr zum Modell. (Auf der Photographie ist ferner auch das Obertor der belgischen Schleuse erkennbar, das für die zu besprechenden Versuche ausser Betracht fällt.) Abb. 7 enthält das Schema zur Befestigung des Schiffsmodells. Der Modellmasstab betrug 1:28,125, der sich deshalb ergab, weil das Modell für die belgischen Schleusen (16 m Breite) im Masstab 1:30 erstellt worden war. Es wurden

⁹⁾ Die nachfolgenden Versuche III und IV sind unter der Leitung der Verfasser von Ingenieur F. Brändle ausgeführt.

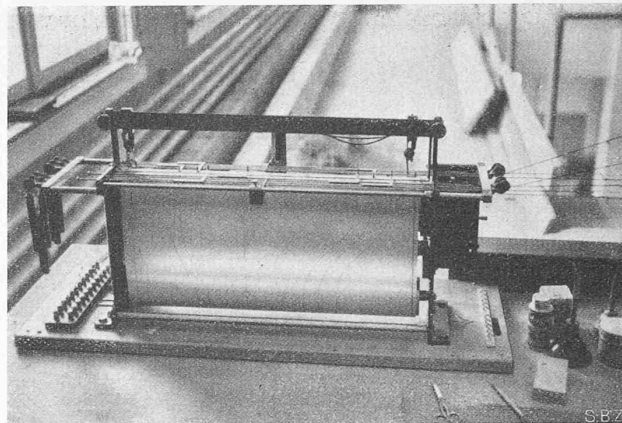


Abb. 8. Chronograph, konstruiert von Alfr. J. Amsler & Cie., Schaffhausen, der bei allen Versuchen für die Registrierung der Modellbewegungen verwendet wurde.

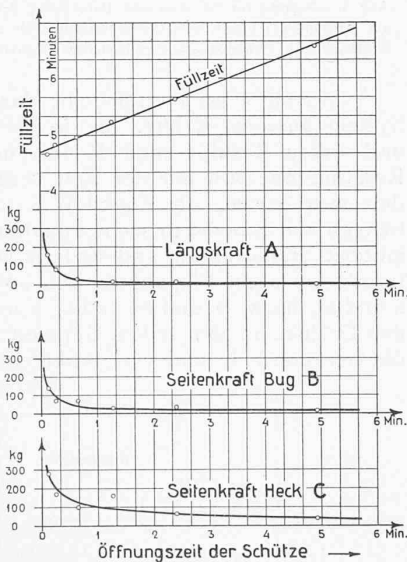


Abb. 10. Resultate einer Versuchserie von Bergschleusen eines 165 t-Dampfers, in Funktion der Oeffnungszeit der Füllschütze (projektierte Schleuse Hemmishofen).

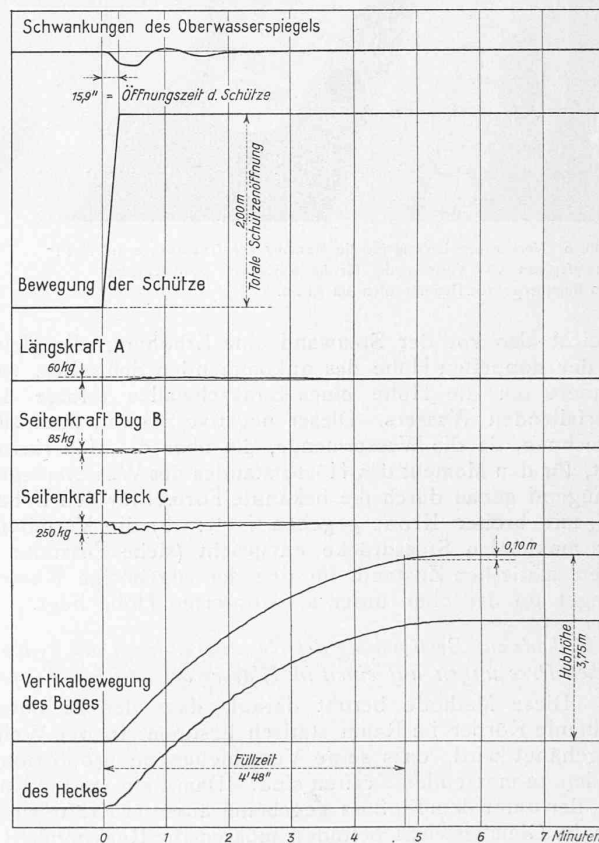


Abb. 9. Chronogramm, aufgenommen für eine Bergschleuse des Dampfers von 165 t Verdrängung in der projektierten Schleuse Hemmishofen.

die Längskräfte und Querkkräfte gemessen, sodass es sich um ein zweidimensionales Problem, gemäss Abb. 5, handelt. Das Schiff kann sich frei heben und senken, wobei es aber durch die Masten I, II und III und die Platten I und II geführt wird. Aus Abb. 7 geht hervor, dass im Gegensatz zu Abb. 5 die beiden Federn, die die Kraft A geben sollen, durch Schwimmer ersetzt wurden, die natürlich die gleiche Rolle spielen, wie die Federn und den Vorzug leicht und vollständig einwandfrei zu bestimmender Konstanten haben, vorausgesetzt, dass sowohl die Schwimmer, als auch die umgebenden Gefässe genau zylindrisch sind.

Die Abschlussorgane der Füll- und Entleerungskanäle wurden durch einen hydraulischen Servomotor bewegt, der im Hintergrund links von Abb. 6 ersichtlich ist und von dem aus Drahtzüge und Umlenkrollen das weitere besorgen. So war es möglich, die Schützen mit beliebigen, aber konstanten Hubgeschwindigkeiten zu bewegen, sowie auch Teilbewegungen auszuführen. Ein Chronograph, ebenfalls

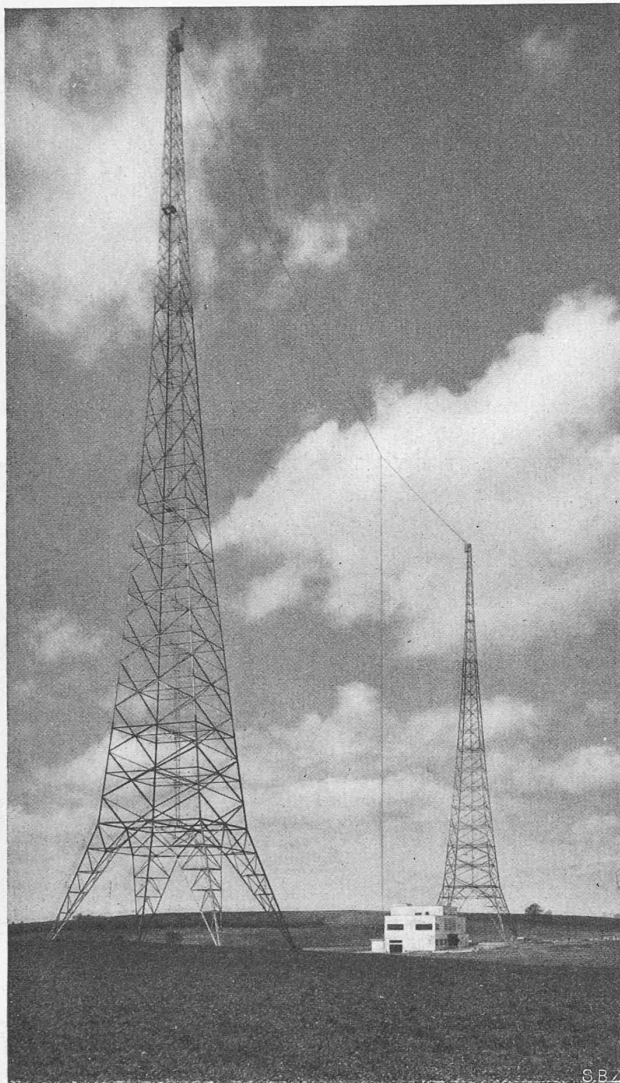


Abb. 2. Westschweizerischer Sender in Sottens (Türme von Buss A.-G., Basel).

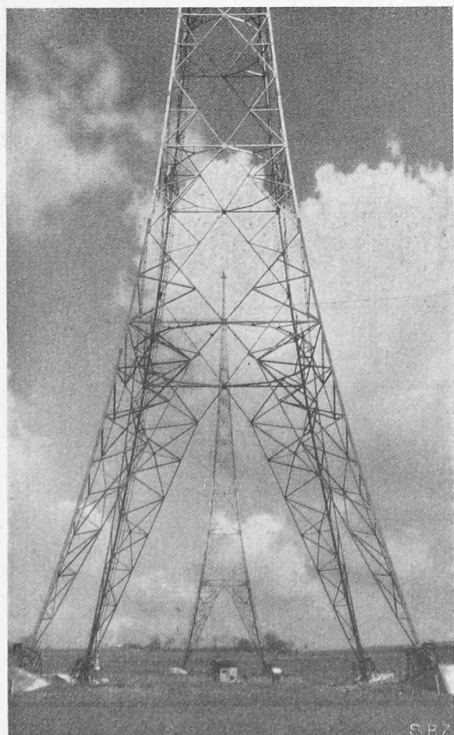


Abb. 3 (links).
Antennentürme
(erbaut von Th. Bell
& Cie., Kriens) des
Senders Beromünster.
Abb. 4 (unten).
Strassenfront des
Gebäudes.

Arch. H. Stoll +
Eidg. Baudirektion.

von Amsler & Co. (Abb. 8) zeichnete während der Versuche folgende Bewegungen auf: 1. Das Verhalten des Wasserspiegels in der obern, bezw. untern Haltung; 2. die Bewegung der Schützen; 3. den Längstrossenzug *A*; 4. den Quertrossenzug *B*; 5. den Quertrossenzug *C*; 6. die Vertikalbewegung des Schiffbuges; 7. die Vertikalbewegung des Schiffhecks; 8. die Zeit.

Als Beispiel zeigt Abb. 9 ein solches Chronodiagramm für eine Bergschleuse bei 3,75 m Hub und einer Oeffnung der Füllschütze in 15,9 sec. Diesem Diagramm lassen sich folgende Resultate entnehmen: Maximaler Längstrossenzug *A* 60 kg, maximaler Quertrossenzug *B* 85 kg, maximaler Quertrossenzug *C* 250 kg, Füllzeit 4 min 48 sec. Diese Angaben sind umgerechnet auf die natürlichen Verhältnisse.

In Abb. 10 ist eine Zusammenfassung der Resultate einer Versuchserie enthalten und zwar für Bergschleusen bei 3,75 m Hub. Die graphische Darstellung gibt die Füllzeit, die Kräfte *A*, *B* und *C* in Funktion der Oeffnungszeit der Füllschütze bei linearem Oeffnen. Es ergibt sich hieraus folgendes: 1. Die Kräfte *A*, *B* und *C*, die in jedem Fall sehr klein sind, wachsen stark mit abnehmender Oeffnungszeit. 2. Die Füllzeit dagegen ist viel weniger von der Oeffnungszeit abhängig. 3. Es ist möglich bei einer Oeffnungszeit von rd. 2 min die Schleuse in 5½ min zu füllen, ohne dass die Kräfte *A*, *B* und *C* 100 kg überschreiten. 4. Die Betrachtung der Kurven der Vertikalbewegung des Schiffes der Abb. 10 zeigt die günstige Wirkung der Energievernichtungskammer, da das Ansteigen sowohl des Buges als des Heckes des Schiffes fast ohne Schwankungen erfolgt.

Aehnliche Feststellungen konnten für das Entleeren der Schleusen gemacht werden. (Schluss folgt.)

Die schweizerischen Landessender in Beromünster und Sottens.

Der deutsch-schweizerische Landessender

in Beromünster liegt auf einem Hochplateau zwischen Münster und Sursee. Er wurde durch die Marconi Wireless Telegraph Co. Ltd. in London für eine Antennenleistung von 60 kW gebaut. Im folgenden seien Wirkungsweise und Aufbau des Senders kurz beschrieben.

Die Aufgabe eines Senders besteht darin, die im Sender erzeugte Trägerwelle mit den auf der Kabelleitung ankommenden Musikschwingungen zu modulieren und die so entstandenen Schwingungen auf die Ausgangsleistung zu verstärken.

Der Musik-Vorverstärker verstärkt die auf den Kabelleitungen eintreffenden Musik-Schwingungen auf rd. 200 Watt. Die in Frage kommenden Telephonkabel wurden speziell zu diesem Zweck mit abgeschirmten und schwachpupinisierten Sternvierern ausgerüstet, sie sollen eine gleichmässige Uebertragung aller Frequenzen von 50 bis 10000 gewährleisten.

Der Steuersender musste mit Rücksicht auf die unbedingt nötige Frequenzkonstanz sehr sorgfältig konstruiert werden. Er ist in einer Kammer aus Aluminium eingeschlossen, die zur Erhaltung konstanter Temperatur durch Glühlampen, die durch einen auto-

