

| | |
|---------------------|--|
| Zeitschrift: | Schweizerische Bauzeitung |
| Herausgeber: | Verlags-AG der akademischen technischen Vereine |
| Band: | 71/72 (1918) |
| Heft: | 5 |
| Artikel: | Mitteilungen über Versuche zur Verhütung von Kolken an Wehren: ausgeführt im Pumpwerk der Stadt Basel |
| Autor: | Gruner, H.E. / Locher, Ed. |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-34707 |

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: 30.01.2026

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

INHALT: Mitteilungen über Versuche zur Verhütung von Kolken an Wehren. — Das Kurhaus in Baden und dessen Neubau. — Beleuchtung von Arbeitsräumen in eidgenössischen Gebäuden. — † Dr. Robert Moser. — Miscellanea: Schweizerische Portlandzement-Industrie. Kobaltchrom-Werkzeugstahl. Die Elektrizitätswerke der Vereinigten Staaten von Nordamerika. Verband Deutscher Elektrotechniker. — Kon-

kurrenzen: Einzel- und Doppelwohnhäuser für Angestellte und Arbeiter in Aarau. — Korrespondenz. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

Tafeln 9 und 10: Aus dem Neubau des Kurhauses Baden.

Tafel 11: Dr. h. c. Robert Moser.

Band 71. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 5.

Mitteilungen über Versuche zur Verhütung von Kolken an Wehren,

ausgeführt im Pumpwerk der Stadt Basel durch die
Ingenieure H. E. Gruner und Ed. Locher.

(Schluss von Seite 40.)

VIII. Reihe (Nr. 40 und 41, Abbildungen 11 und 12). Untersuchungen der Geschwindigkeiten mittels der Pitot'schen Röhre.

Die bis jetzt beschriebenen Versuche haben allerdings sehr interessante Resultate ergeben, besonders da sich die Vorgänge durch die seitlichen Fenster des Modellkastens gut verfolgen liessen, und auch an der Oberfläche des Wassers die sogenannten Strombilder genau aufgenommen wurden. Aber diese äussern Beobachtungen sollten noch durch Messungen der Geschwindigkeiten im Innern der Wasserstrahlen ergänzt werden. Betrachten wir zuerst die äussern Vorgänge, wie diese sich durch die Fenster beobachten lassen.

Bei einem Ueberfall kann man deutlich den gelüfteten Strahl beobachten. Dieser hebt sich scharf schon vom vordern Rand der Stautafel ab und gleitet dann auf der Wasserwalze, die sich unter dem Strahl bildet, hinunter. Die Bewegung der Wasser-Walze unter diesem Strahl lässt sich durch eingebrachte Körper, deren Gewicht dem spezifischen Gewicht des Wassers ähnlich sind, leicht beobachten. Solche Körper drehen oft längere Zeit in der Walze, ehe sie weiter treiben. Diese Walze ist ein Wasserkörper, der durch den fallenden Strahl seine Rotationsbewegung erhält. Bei Verwendung einer zylindrischen Stauvorrichtung an Stelle der vertikalen Schützentafel ist eine Lüftung des Strahles ausgeschlossen.

Beim Unterströmen der Schütze fallen diese Erscheinungen ganz weg, doch werden die folgenden Erscheinungen ähnlich bei Ueberfall und Unterströmen. Wenn der Strahl den Fallboden erreicht hat, gleitet er eine zeitlang auf dem Boden fort, dann hebt er sich über den Unterwasserspiegel, um hernach mit einigen Wellen sich auf die normale Höhe des Unterwassers einzustellen.

Die Länge des glatten Strahles über der Wehrschwelle ist eine direkte Funktion der Höhe des Unterwasserspiegels und der Ausstrittsgeschwindigkeit des Strahls. Liegt der Unterwasserspiegel sehr wenig hoch über der Wehrschwelle oder tritt das Wasser mit zu grosser Geschwindigkeit aus der Spalte, so schiesst es auf eine grössere Länge hervor und schiebt das Unterwasser einfach vor sich her. Dieser Zustand ist natürlich ein sehr gefährlicher für das Flussbett. Ist jedoch das Verhältnis von Wasserstrahl-Geschwindigkeit und Höhe des Unterwasserspiegels über der Wehrschwelle kein zu ungünstiges, so steigt der Wasserspiegel bald wieder auf. In diesem stehenden Wellental bildet sich nun auch eine sogenannte Deckwalze, deren Entstehung sehr einfach zu erklären ist. Beim Aufsteigen des Wassers lösen sich einzelne Teile des Wasserstrahles ab und rollen auf dem geschlossenen Strahl in das Wellental zurück; am tiefsten Punkte des Tales werden sie wieder vom Strahl ergriffen in die Höhe gerissen und beginnen ihr Spiel von neuem, das als ganzes die drehende Walze ergibt. Schiesst das Wasser allerdings mit sehr grosser

Geschwindigkeit unter der Schütze hervor, so trennen sich keine Wasserteilchen ab und der Strahl bleibt nach oben ganz glatt.

Unter dem Strahl wird das Wasser durch die erhöhte Reibung auf der ungedeckten Sohle plötzlich gebremst und fängt nun an, seine überschüssige Energie zur Aufwirbelung der losen Teilchen zu verwenden; dadurch entsteht der erste Kolk. In der Aushöhlung dieses Kolkes fängt das Wasser an zu drehen, und dieses drehende Wasser erweitert den Angriff. Das Wasser dreht jedoch nicht in einer einzelnen Walze, sondern es zeigen sich in der Kolkhöhlung merkwürdige Erscheinungen, deren nähere Untersuchung auf jeden Fall noch manches Interessante über die Wasserbewegung ergeben könnte. Es bilden sich darin einzelne Walzen oder Wirbel in der dem normalen Wasserlauf entgegengesetzten Richtung, die plötzlich entstehen, hierbei das am Boden des Kolkes liegende Material erfassen und in wirbelnder Bewegung nach aufwärts in den grossen Wasserstrom hinaufschleudern. Dieser Vorgang bleibt bestehen; dagegen greifen die Walzen oder Wirbel schliesslich nicht mehr tief genug hinunter und besitzen nicht mehr genügende Kraft, um einzelne Teilchen bis in den eigentlichen Schusstrahl hinauf zu heben. Der Kolk hat dann für die vorliegenden Verhältnisse sein Maximum erreicht und bleibt stabil. Der Durchmesser dieser Wirbel oder Walzen und deren Drehgeschwindigkeit scheint also eine Funktion der Geschwindigkeit des Wassers zu sein. Die nähere Untersuchung dieser Vorgänge könnte vielleicht

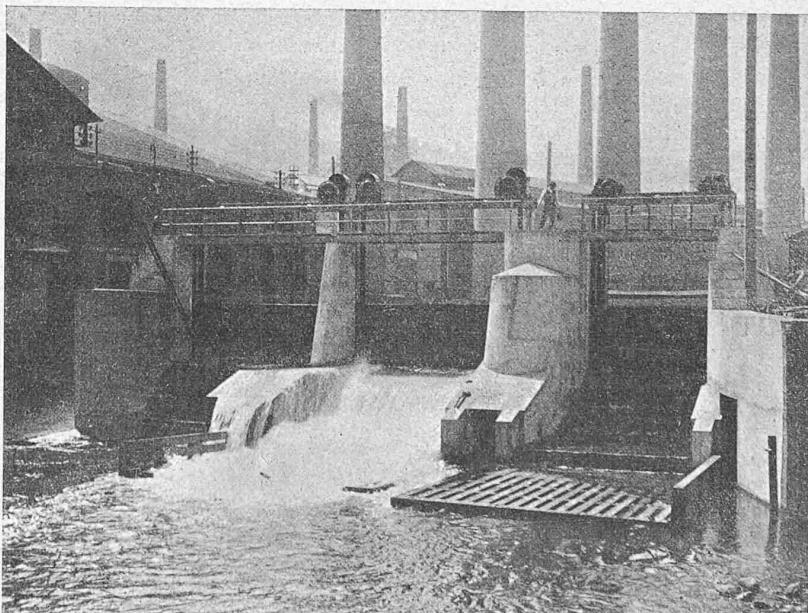


Abb. 13. Zwei Flossfedern im Betrieb an einem Stauwehr der Mürz.

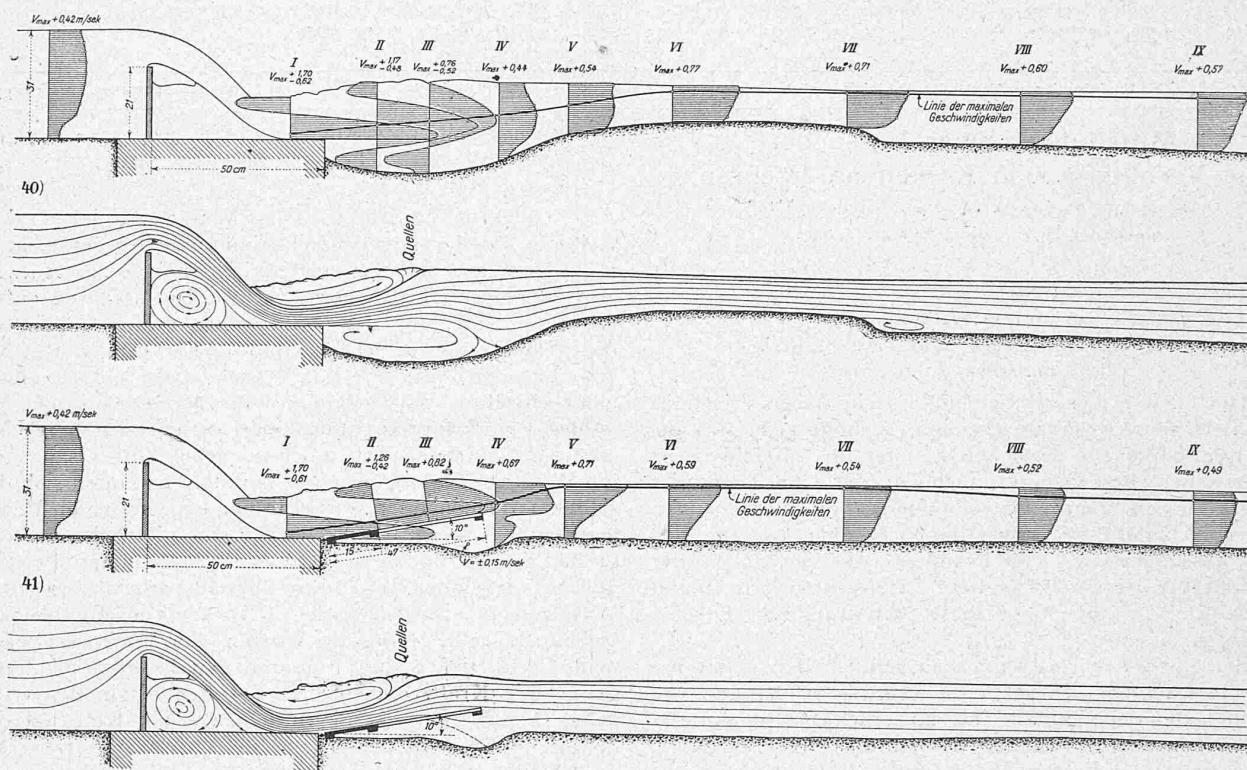
auch einmal einen Aufschluss über die Frage: „Wie bewegt sich fliessendes Wasser?“ ergeben.

Diese Walzen und Wirbel verlieren nun ihre Wirkung durch die Flossfeder, und ausserdem wird die maximale Geschwindigkeit durch die Flossfeder gegen die Oberfläche zu geleitet, wie auch noch durch die weiteren Versuche in Reihe VII (Abbildung 8 auf Seite 39 letzter Nummer) näher ermittelt werden konnte.

Zur Vervollständigung seien noch zwei Erscheinungen erwähnt. Am Ende der Drehwalze kann immer das typische Quellen beobachtet werden, wie es sich dort zeigt, wo der

Versuche zur Verhütung von Kolken an Wehren, durchgeführt von Ing. H. E. Gruner und Ing. Ed. Locher.

Abb. 11 und 12: Untersuchung der Wassergeschwindigkeiten mittels Pitot'scher Röhre.



Wasserstrahl gegen ein unter Wasser liegendes Hindernis stösst. Die Oberfläche des Wassers hat abwärts der Flossfeder eine ganz eigenartige Gestalt, sie erscheint wie zerhackt, während sie sonst die normalen Wellenbilder zeigt.

Alle diese äussern Beobachtungen sollten nun noch durch Untersuchungen mit der Pitot'schen Röhre näher aufgeklärt werden; diese ist ein sehr altes Instrument, z. B. geben schon Weissbach und Dupuit genaue Beschreibungen ihrer Ausgestaltung und Verwendung. Für die eigentliche Wassermessung ist sie durch den Flügel und die verschiedenen andern Messarten verdrängt worden. Für wissenschaftliche Untersuchungen, bei denen es mehr auf die Ermittlung der relativen Vorgänge im Wasser ankommt, kann sie jedoch empfohlen werden.

Es sei zuerst auf eine sehr wertvolle Abhandlung in den „Proceedings of the Engineers' Society of Western Pennsylvania“ (May 1914) von Lewis F. Moody: Measurement of the Velocity of Flowing Water, und von Benjamin F. Groat: Pitot-Tube Formulas, Facts and Fallacies, hingewiesen. Moody ist durch sehr eingehende Versuche mit Röhren, die verschiedene Mundstücke hatten, und die mit den Mundstücken in verschiedenen genau ermittelten Winkeln zum Wasserstrom standen, zu den nachfolgenden Schlussfolgerungen gelangt:

1. Die Pitot-Röhre hat sich als ein sehr nützliches Instrument für verschiedenerlei Anwendungen ergeben; sie kann Verwendung finden ebensowohl für irgend ein Gas als auch für Flüssigkeiten. Sie kann gebraucht werden in offenen Kanälen oder geschlossenen Röhren, für grosse und kleine Wassermengen.

2. Bei turbulenter Bewegung des Stromes ergibt die Pitot'sche Röhre eine zu hohe Geschwindigkeit, wenn nicht der richtige Koeffizient eingeführt wird. Diese zu hohe Ablesung röhrt her von der Ablenkung der Stromrichtung aus der Messebene und von den Schwankungen in der Grösse der Geschwindigkeit. Der Koeffizient muss also kleiner sein als 1 und er ändert sich nach den Versuchen von Moody von 0,99 bis zu 0,31, je nachdem die Röhre

ihre Mundstück genau in der Stromrichtung hat oder in einem Winkel bis zu 70° .

Die Pitot'sche Röhre ist auch schon zu wissenschaftlichen Untersuchungen verwendet worden, siehe Dr. Ing. E. Straube: „Radialströmungen zwischen zwei Platten“, in der „Zeitschrift f. d. ges. Turbinenwesen“ (Jahrgang 1917, Heft 15), und „Untersuchungen mit einem neuen aerodynamischen Instrumentarium“ von Prof. H. Zickendrath („Annalen der Physik“, Band 35, 1911).

Man war daher berechtigt, auch die vorliegenden Versuche noch durch Beobachtungen mit der Pitot'schen Röhre zu ergänzen. Nachdem die Versuche mit selbst angefertigten Röhren kein befriedigendes Resultat ergeben hatten, stellte die Abteilung für Wasserwirtschaft in Bern eine Röhre zur Verfügung. Diese hat zwei Mundstücke, die 180° gegen einander versetzt sind, ferner eine Einrichtung, um die Röhren nach unten plötzlich abschliessen zu können. Außerdem wurde am Modell noch eine Einrichtung getroffen, um die Pitot'sche Röhre an dem zu untersuchenden Punkt genau zu befestigen. Die Differenz an den Röhren ergab das Geschwindigkeits-Gefälle, und ein Wechseln der Stromrichtung konnte rasch durch das Umkehren der Geschwindigkeits-Höhen in den beiden Röhren festgestellt werden.

Eine Kontrolle der Beobachtungen war möglich, da die Wassermenge im gesamten Querschnitt genau bekannt ist, und die mittels der Pitot'schen Röhre beobachtete und kontrollierte Wassermenge die gleichen Werte ergeben musste. Diese Kontrolle stimmte nach den Beobachtungen soweit nicht, als noch Turbulenz im Wasser vorhanden war; so lange ergaben die aufgezeichneten Geschwindigkeitsflächen zu grosse Gesamtwerte und erst wo das Wasser seinen ruhigen Lauf wieder hat, nähert sich der Koeffizient der Grösse 1.

Aber die Resultate sind für die Untersuchung dennoch sehr wertvolle. Es wurden untersucht die Geschwindigkeit bei Ueberfall und Unterströmen, und zwar jeweils für ungeschützte und für mit Flossfeder geschützte Sohle

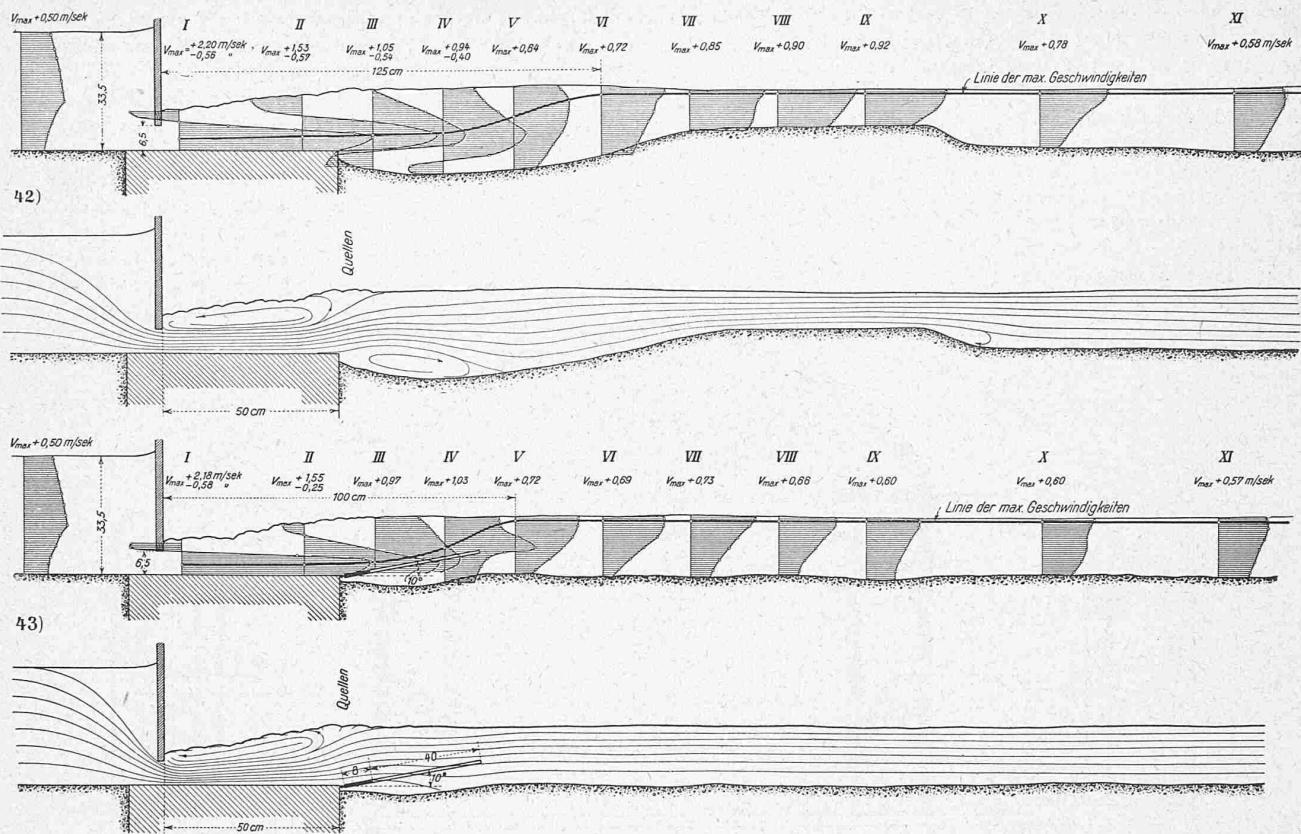


Abb. 12. VIII. Versuchsreihe. Unterströmen von 50 l/sec auf kurzer Schwelle, Nr. 42 ohne, Nr. 43 mit 40 cm langer Flossfeder.

(Abbildungen 11 und 12). Die ermittelten Wassergeschwindigkeiten wurden in der bekannten Weise dargestellt und als Geschwindigkeitsflächen zusammengefasst. Besonders sei auch darauf hingewiesen, dass nur eine bestimmte Anzahl (sieben) Wasserfäden, von je $1/7$ der Gesamt-Wasser- menge, durch die ganze Darstellung hindurch gehen; wo also diese Fäden näher zusammengedrängt erscheinen, wurde eine um soviel grössere Wassergeschwindigkeit beobachtet und umgekehrt. Ferner sind auf diesen Abbildungen die verschiedenen Wirbel, Walzen und das Quellen möglichst genau wiedergegeben.

Endlich sind die maximalen Geschwindigkeiten in den verschiedenen Kanalquerschnitten durch eine stärker aus- gezogene, stetige Kurve miteinander verbunden, welche die „Kurve der maximalen Geschwindigkeiten“ genannt werde.

Diese hydraulischen Untersuchungen haben nun gezeigt, dass bei der festen, einfachen Schwelle unterhalb des Wehres die Kurve der max. Geschwindigkeiten nahe der ungeschützten Flussohle verläuft, und dass die grösste Geschwindigkeit eben an demjenigen Punkt konzentriert dicht über dem Bett verläuft, wo dieses nicht mehr durch einen festen Einbau geschützt ist. Wenn also auch das betreffende Flussbett bei normalem Verlauf der Wasserfäden, der Geschwindigkeit und der daraus resultierenden Kraft im Wasser den Angriffen standhalten würde, so kann dies an einer Stelle, wo die Geschwindigkeit wesentlich grösser ist, eben nicht mehr der Fall sein.

Diese Stelle der konzentrierten Wassergeschwindigkeit muss daher geschützt werden, wenn ein Kolk am Fusse des Wehres vermieden werden soll. Dieser Aufprallpunkt des Wasserstrahles sollte zum voraus berechnet werden können, um die Länge der Schwelle zu bestimmen.

Für ein in Projektierung befindliches Wehr ist die Wassermenge, die über das Wehr geleitet werden soll, bekannt. Daraus lässt sich der Wasserstrahl berechnen, denn er hat die Form einer Parabel.

Bezeichnet man mit H die gestaute Wasserhöhe über der Wehrschwelle, y die Höhe der Mitte des Wasserstrahles über der Wehrsohle, h die Höhe des Wasserstrahles über

den Schützen, x die Entfernung des Schnittpunktes der Fallparabel mit der Wehrschwelle von der Schütze und L die Länge der Wehrschwelle von der Schütze aus fluss- abwärts gemessen, so ist

$$H = v_0 \sqrt{\frac{2}{g}} \sqrt{y}$$

v_0 ist die Anfangsgeschwindigkeit im Schützenquerschnitt. Ersetzt man y durch den etwas grösseren Wert $H = y + \frac{h}{2}$

so wird

$$H = 0,45 v_0 \sqrt{H}$$

und, da

$$v_0 = \frac{Q}{\mu h} = 3,33 \frac{(h+k)^{3/2}}{h}$$

$$H = 1,5 \sqrt{H} \frac{(h+k)^{3/2}}{h}$$

Für unsere Ueberschlagsrechnung kann diese Formel auch geschrieben werden

$$H = 1,7 \sqrt{H(h+k)}$$

Nun haben die beschriebenen Versuche gezeigt, dass $L = 3x$ sein sollte, also

$$L = \text{rd. } 5 \sqrt{H(h+k)}$$

Diese Formel gibt natürlich keinen absoluten Wert, aber doch Ueberschlagswerte, die manches Interessante zeigen, so z. B. dass man den Strom nicht zu stark drosseln darf, da sonst ein sehr langer Sohlenschutz erforderlich ist. Wenn nun aber ein so langer Schutz nicht in Beton ausgeführt werden kann, dann wird eine Flossfeder gute Dienste leisten; darüber geben nun die Versuche Nr. 41 und 43 noch wertvolle Aufschlüsse. Die Flossfeder ist in ihrem flussaufwärts liegenden Drittel vollständig geschlossen. Sie lässt also den Wasserstrom nicht durchdringen. Die fluss- abwärts liegenden zwei Drittel sind durchbrochen; durch diese kann, wie schon früher gesagt wurde, das Material unter die Flossfeder hinunter fallen.

Die Wassermessungen haben ergeben, dass die Kurve der max. Geschwindigkeiten durch die Flossfeder vom ungeschützten Bett rasch abgelenkt und möglichst gegen die Oberfläche des Wasserstromes geführt wird. Dadurch wird

der Kolk flussabwärts der Flossfeder in einer Weise vermieden, wie es sonst bei keiner andern Sicherung der Fall ist. Ferner zeigen die Geschwindigkeits-Diagramme, dass ein ganz schwacher Gegenstrom vom Ende der Feder unter diese hinunter sich bildet. Eingestreute Sägespähne haben noch gestattet, die Vorgänge unter der Feder genau zu verfolgen. Am oberen Ende der Flossfeder, unter dem abgedeckten Teil, ist das Wasser vollständig ruhig. Es ist ein eigen-

aber die Fabrik das von dem Hochwasserkanal in Anspruch genommene Gelände anderweitig und sie entschloss sich, das Wehr in der Form umzubauen, wie das beigegebene Bild es zeigt (siehe Abbildung 13 auf Seite 49).

Der Neubau des Kurhauses in Baden.

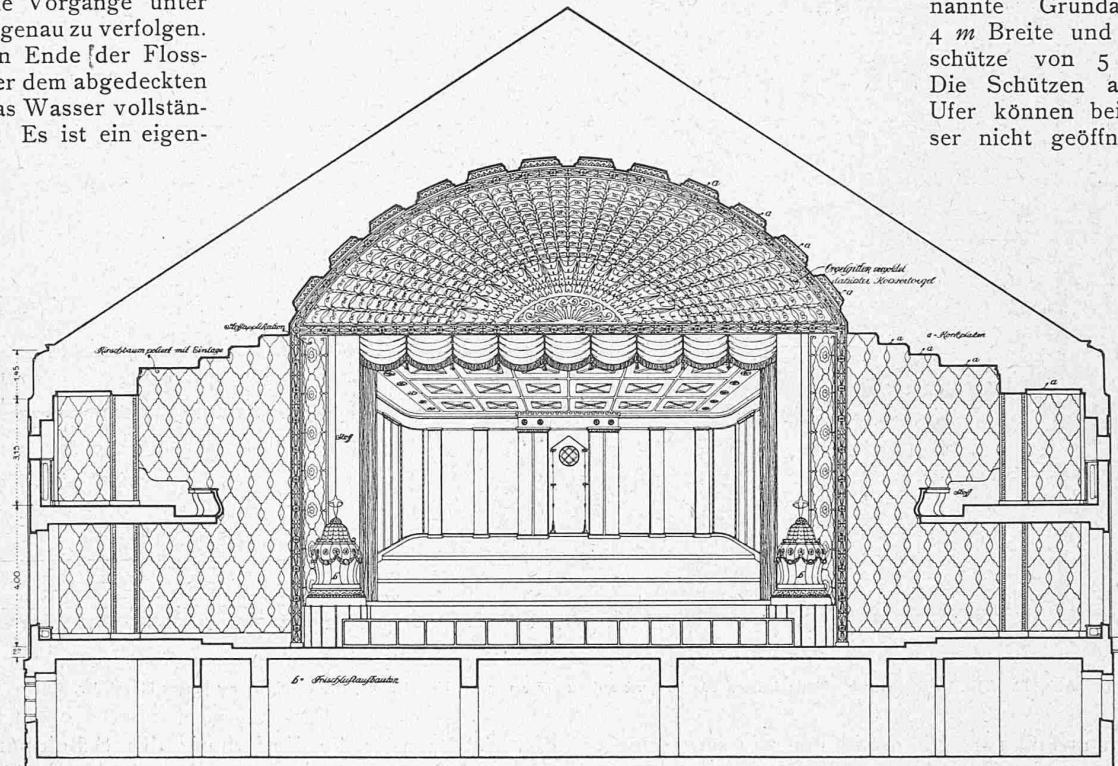


Abb. 14. Schnitt durch den Theatersaal. — Maßstab 1:200.

artiges Bild, durch die Glasscheibe zu beobachten, wie über der Feder durch die Gewalt des Wassers Steine und Betonblöcke weggerissen werden, unter ihr aber die leichten Flocken ruhig liegen oder beim Uebergang des Gegenstromes in den ganz ruhigen Teil in schwebender, zitternder Lage gehalten werden.

Schlussbemerkungen.

Auf die Analogien der Beobachtungen von Kolk-Erscheinungen an ausgeführten Wehren mit den Modell-Versuchen wurde im Vorstehenden verschiedentlich hingewiesen; es verbleibt nur noch die Untersuchung des Verhaltens der Flossfeder in der praktischen Ausführung. In dem eingangs erwähnten Aufsatz von Rich. Hofbauer wird eine Sicherung mittels einer solchen Flossstafel an einem Wehre in Bruck an der Mur (Steiermark) beschrieben. Seitdem sind verschiedene andere ähnliche Ausführungen in Steiermark und in Niederösterreich zur Ausführung gelangt. Ueberall haben sich diese Sicherungs-Vorkehrungen gut bewährt. Nachstehend sei ein besonders interessantes Beispiel näher beschrieben.

Die Mürz, ein Seitenfluss der Mur in Steiermark, ist einer jener Gebirgsflüsse, der, ähnlich unserer Sihl, eine sehr veränderliche Wassermenge, mit Geschiebeführung und Eisgang hat; von wenigen m^3/sec Niederwasser kann der Fluss rasch bis auf $300 m^3/sec$ Hochwasser anschwellen.

In der Stahlfabrik Böhler in Kapfenberg wird ein Gefälle von 4 m dieses Flusses ausgenützt. Das Stauwehr liegt mitten im Fabrikareal und es drängen sich an die Ufer nicht nur alle möglichen Fabrikhallen, sondern es steht auch 40 m unterhalb der Wehrstelle dicht am Ufer ein hoher Kamin, der durch einen allfälligen Kolk stark gefährdet würde.

Zur Ableitung der grossen Hochwasser war ein Hochwasserkanal vorgesehen. In den letzten Jahren brauchte

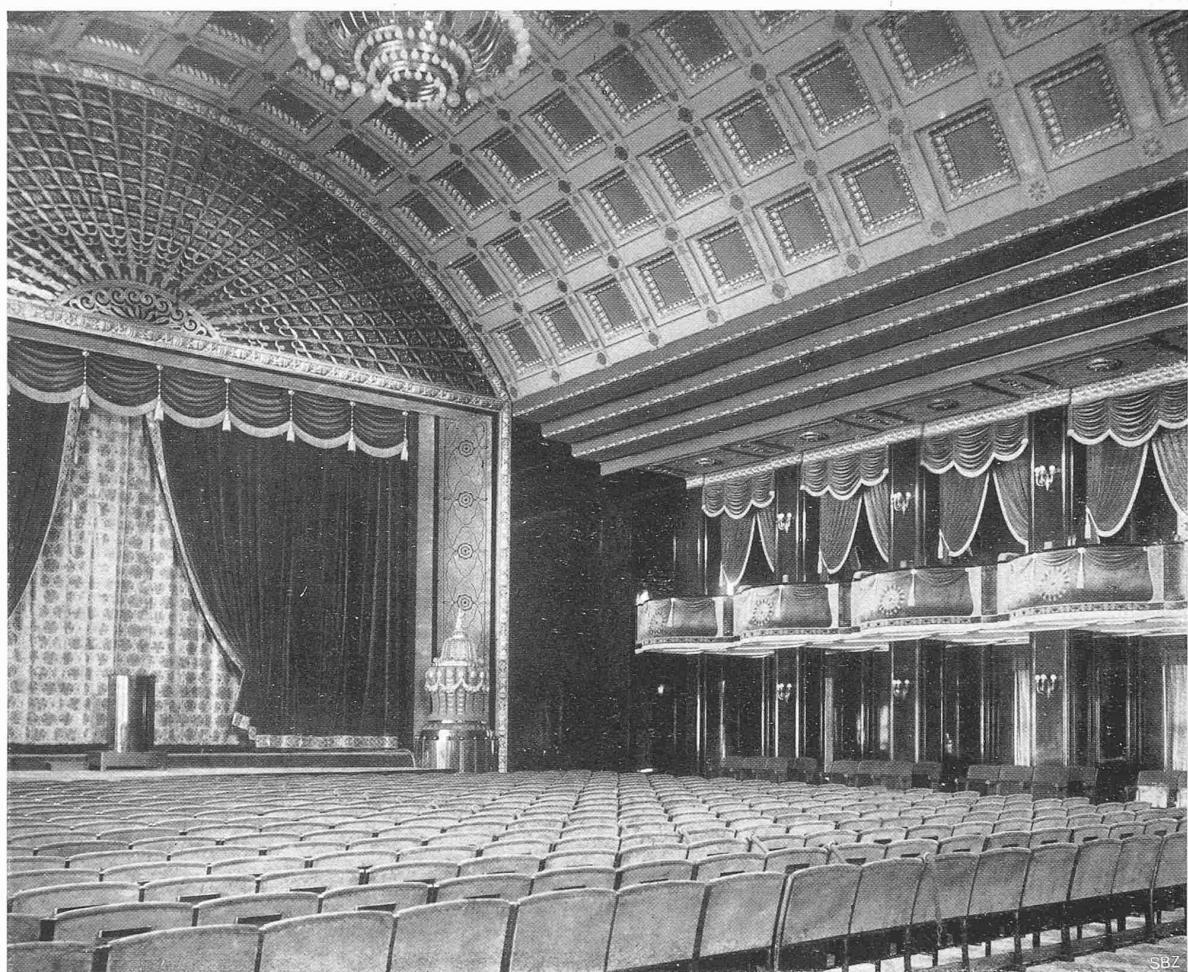
da flussabwärts Einbauten bis auf die Breite der zweiersterwähnten Oeffnungen in die Mürz vorspringen. Grundablass und Wehrschütz haben eine Höhe von 2 m. An die Schützenöffnung schliesst sich noch ein Sturzboden mit drei Stufen, in einer Länge von 7 m; am Fusse dieses Sturzbodens hängen die gelenkartig an den Wehrpfeilern befestigten Flossfedern. Die Tafeln haben eine Länge von 7 m und eine Breite von 6 m. Sie sind aus Kantholz gezimmert und zwar sind die vorderen $\frac{2}{3}$ der Tafel durchlässig, mit Schlitzen von 10 cm Weite. Die Flossfeder am Fusse der Grundschiele trägt auf der linken Seite und die Flossfeder am Fusse der Wehrschütz auf der rechten Seite je eine durchlässige Bordwand; im übrigen wird auf das beigegebene Bild hingewiesen, das die Tafeln unter Wasserüberfall und daneben in der Ruhe zeigt.

Das Wehr steht in losem Material, zum Teil in Schlackenschüttung des Eisenwerkes. Ein Hochwasser von etwa 200 m^3/sec wurde schon durch dieses neue Wehr abgelassen. Ein solches Hochwasser bringt eine Wassermenge von $q = 22,2 \text{ } m^3/sec$ auf den laufenden Meter Wehrbreite, also eine sehr starke Belastung und Beanspruchung des Wehrfusses. Die Form des Flussbettes dicht unterhalb des Wehres entspricht genau unsern Beobachtungen am Modell. Am Ende der Flossfeder zeigt sich eine unbedeutende Vertiefung und hierauf folgt flussabwärts ein gleichmässiges, regelmässiges Bett ohne Kolk und ein grösseres Stück auch ohne Serpentinenbildung.

Vergleicht man alle gewonnenen Resultate mit den Kolkaufnahmen und den Erfahrungen beim Wehrbau überhaupt, so kommt man zum Schluss, dass für den Schutz gegen Kolk noch manches zu klären ist, und dass es sich wohl lohnt, auch neuere Erfahrungen anderer Länder in der Schweiz nachzuprüfen. H. E. Gruner.

H. E. Gruner.

Anmerkung der Red. Vergl. die Korrespondenzen auf S. 60 dieser Nr.



SBZ

UNTEN: DIE HAUPTTREPPE

OBEN: DER THEATERSAAL



SBZ

DER NEUBAU DES KURHAUSES BADEN — ARCH. PROF. A. STÜRZENACKER, KARLSRUHE



AUS DEM DAMENZIMMER



AUS DEM SPEISESAAL

AUS DEM NEUBAU DES KURHAUSES BADEN — ARCHITEKT PROF. A. STÜRZENACKER IN KARLSRUHE

Der neue Wirtschaft- und Saalbau am Kurhaus in Baden.

Architekt Professor *A. Stürzenacker* in Karlsruhe.

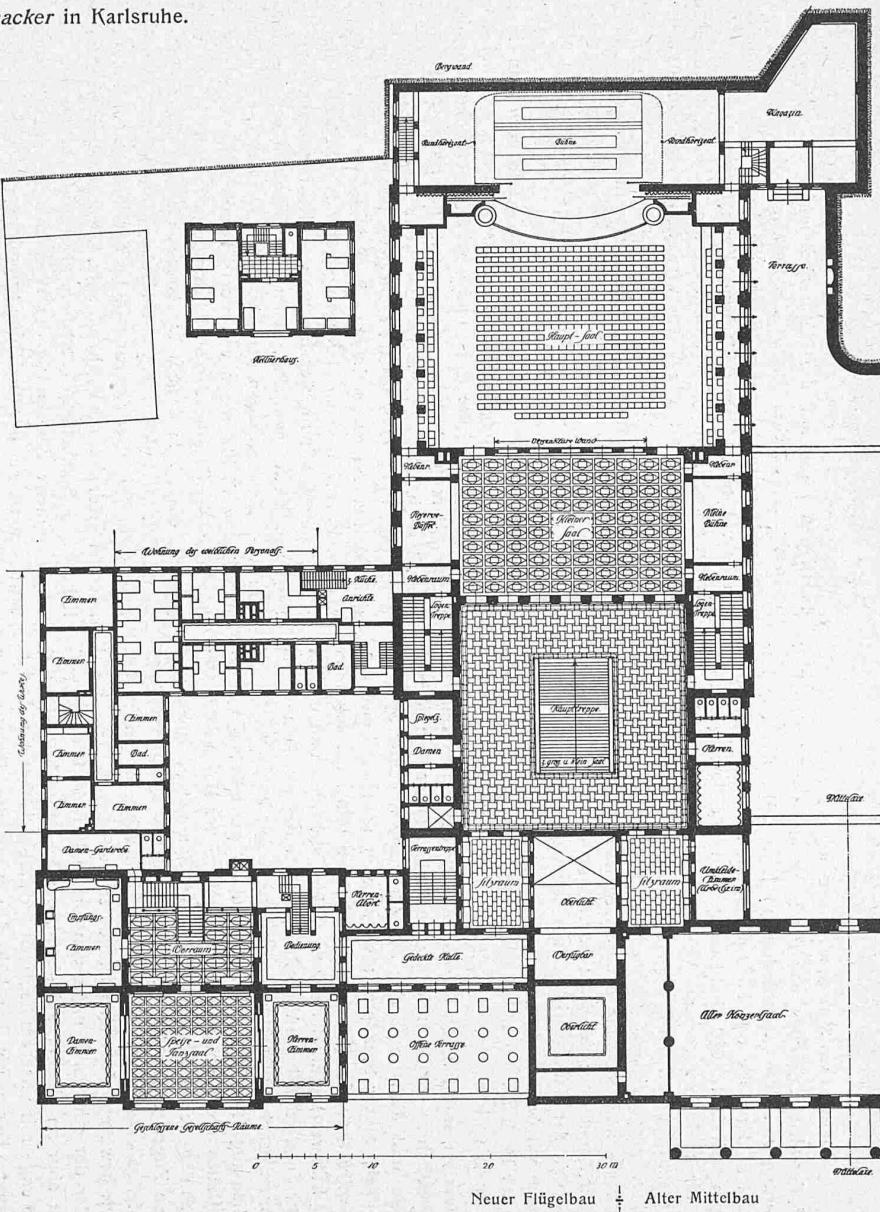
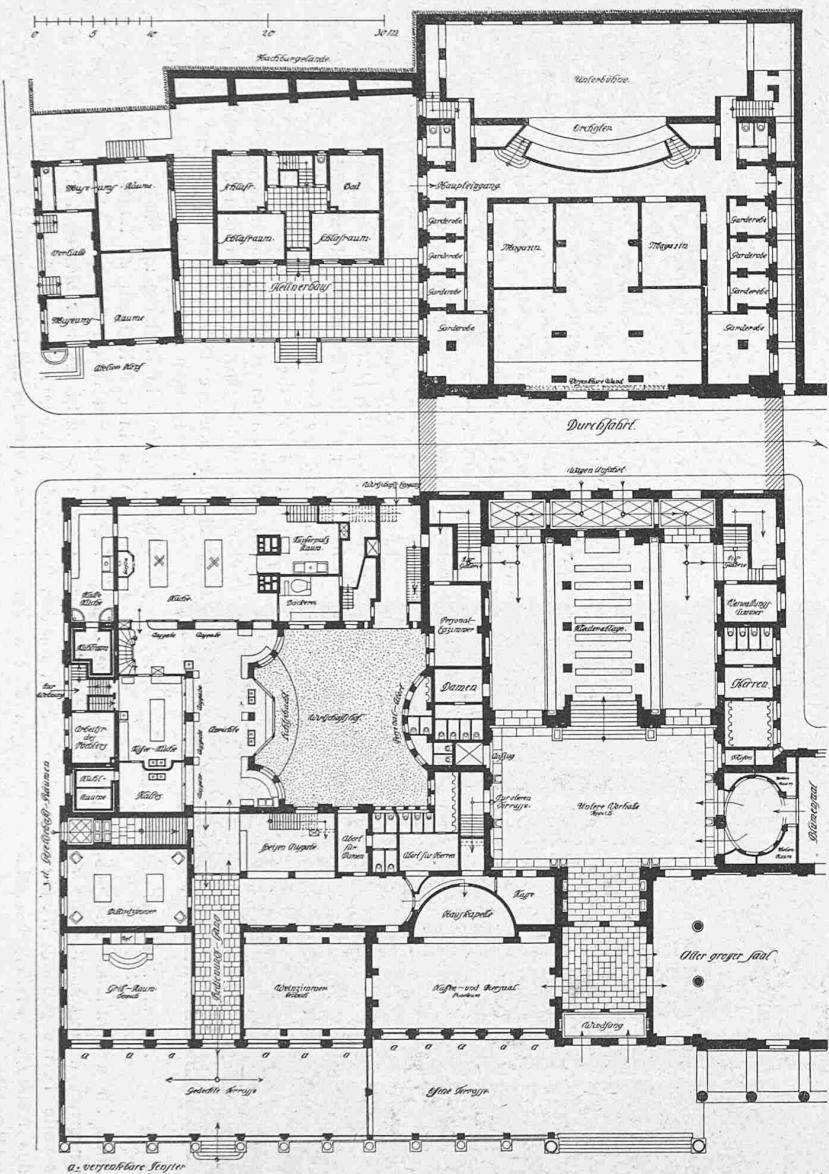


Abb. 9. Erdgeschoss des Wirtschaftbaus und Untergeschoss des Saalbaus. — Grundrisse 1:600. — Abb. 10. I. Stock vom Wirtschaftbau und Hauptgeschoss vom Saalbau.