

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 30 (1939)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Flussbau, Wehre, Dämme und Staumauern  
**Autor:** Büchi, W. / Jenny, K.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058384>

### **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:** 25.12.2024

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

über die Fortleitung und die Abgabe der elektrischen Energie zu erlassen. Er hat davon im Elektrizitätsgesetz vom Jahre 1902 schon vor Aufnahme des Art. 24 bis in die Bundesverfassung beschränkten Gebrauch gemacht und weitere Bestimmungen in den Artikeln 8, 9 und 10 des Wasserrechtsgesetzes (Ableitung von Kraft und Gebietsabgrenzungen) getroffen.

Elektrizitätsgesetz vom Jahre 1902 und Wasserrechtsgesetz vom Jahre 1916 ordnen in bundesrecht-

licher Beziehung die Wasserkraftnutzung und Elektrizitätswirtschaft.

Die Kontrolle über die elektrischen Anlagen im Sinne des Art. 21, Ziff. 3, des Elektrizitätsgesetzes obliegt dem Starkstrominspektorat, worüber in dieser Nummer besonders berichtet wird.

(Für nähere Angaben über Energiewirtschaft und Finanzwirtschaft der Elektrizitätswerke der allgemeinen Versorgung siehe die Mitteilungen des Eidg. Amtes für Elektrizitätswirtschaft im Bulletin SEV Nr. 1 der Jahrgänge 1938 und 1939.)

## Flussbau, Wehre, Dämme und Staumauern.

Von J. Büchi und K. Jenny, Zürich.

627

*Der heutige Stand der mit der Errichtung moderner Wasserkraftanlagen zusammenhängenden rein baulichen Anlagen (Flussbau, Wehranlagen, Staumauern und Dämme, Einlaufbauwerke, Zuleitungskanäle und Stollen) wird dargestellt. Auf die Forschungsmethoden, die berufen sind, die Grundlagen der Bauingenieurkunst zu vertiefen, wird dabei nachdrücklich aufmerksam gemacht; sie haben besonders die Untersuchung des Baugrundes, der Geschiebeablagerungen und deren Beseitigung, die Auswirkung der Wehrbauten auf den Flusslauf (Kolkungen) und die Deformationen von Staumauern zum Gegenstand. Die typischen Merkmale moderner und künftiger Wasserbauten werden unter Berücksichtigung des Einflusses der Baumaschinen und der Entwicklung der Baumethoden auf die Wehre und Staumauern kurz beschrieben.*

*Les auteurs exposent l'état actuel des ouvrages de génie civil (corrections de rivière, barrages, digues, prises d'eau canaux et galeries) qui sont nécessaires pour l'aménagement d'usines hydro-électriques modernes. Ils insistent sur les méthodes d'investigation qui contribuent à approfondir les bases scientifiques du génie civil; ces méthodes concernent spécialement la prospection du terrain, l'étude des dépôts et leur élimination, l'influence des barrages sur le cours des rivières (affouillements) et les déformations des barrages. Les auteurs décrivent ensuite brièvement les caractères typiques des ouvrages hydrauliques modernes et de l'avenir, en tenant compte de l'influence des machines de construction et de l'évolution des méthodes de construction sur les digues et les barrages.*

### Flussbau.

Der im Zusammenhang mit den Wasserkraftanlagen stehende Flussbau umfasst vornehmlich die Anpassungsarbeiten bestehender Bauten an die durch den Aufstau des Flusses veränderten Verhältnisse, sowie die Regulierung einzelner Flußstrecken.

Die erstgenannten Anpassungsarbeiten bestehen grösstenteils aus Uferschutzbauten, welche dem Angriff des strömenden Wassers Widerstand leisten sollen, sowie aus Entwässerungsarbeiten, die dort nötig werden, wo durch die Stauung des Flusses ausserhalb liegende Geländeflächen unter den künftigen Wasserspiegel zu liegen kommen. Während die Uferschutzbauten auf Grund der reichen Erfahrungen der Flussbauämter heute ziemlich typisiert sind, stehen die Entwässerungsbauten erst in Entwicklung. Diese Entwicklung hängt zusammen mit der erst in neuerer Zeit an Hand genommenen erdbaukundlichen Erforschung der Böden in den dafür geschaffenen Laboratorien. Daneben haben oft auch neuere Verfahren für Bodenverfestigung und Abdichtungsarbeiten Einfluss auf Projekt und Ausführung solcher Entwässerungsbauten gehabt. Sie dürften in Zukunft bei Lösung solcher Aufgaben noch an Bedeutung gewinnen.

In bezug auf die Regulierungen und Tieferlegung von Flußstrecken basierte die Projektierung lange Zeit mehr auf dem praktischen Gefühl des Bauingenieurs als auf genauen Berechnungsmethoden. Erst durch die in jüngerer Zeit eingeführten und rasch ausgebauten hydraulischen Modellversuche, verbunden mit den inzwischen gesammelten Erfahrungen, haben sich die Erkenntnisse und die Grundlagen für eine rationelle Projektbearbeitung erheblich erweitert. Dies betrifft insbesondere die mit

der Geschiebeführung eines Flusses zusammenhängenden Probleme. Es ist besonders erfreulich, dass gerade auf diesem, früher wenig erforschten Gebiet die Untersuchungen und Studien des Wasserbaulaboratoriums an der ETH für die Aufstellung praktisch befriedigender Lösungen Richtungweisend geworden sind. Die zahlreichen und mannigfaltigen flussbaulichen Probleme, welche beim Bau des Etzelwerkes zu lösen waren, geben ein eindringliches Bild von der Nützlichkeit der hydraulischen Modellversuche, welche dort in sehr umfangreichem Masse zur Anwendung gelangten.

Im übrigen wird sich der mit Wasserkraftanlagen zusammenhängende Flussbau je länger je mehr mit dem Problem der Geschiebeablagerung in den Stauhaltungen der Niederdruckkraftwerke zu befassen haben. Bei den Hochdruckwerken mit den nur mässigen Stauhöhen und starken Gefällen des Flusses ist die regelmässige Durchspülung der Stauhaltungen meist leicht durchführbar, ohne dass dadurch unangenehme Störungen des Flußlaufes und öffentlicher Interessen in Frage kommen. Mit wachsender Stauhöhe und zunehmender Länge der Stauhaltungen, wie z. B. an den Mittellandflüssen Limmat, Aare und Rhein ist dagegen eine ausreichende Beseitigung von Geschiebeablagerungen mittels Durchspülung der Stauhaltung bei teilweise oder ganz gesenktem Stau nur in besonders günstig gelagerten Fällen erfolgreich durchführbar. Je vollkommener ein Fluss durch aneinandergereihte Gefällstufen ausgenützt wird, um so schwieriger wird die Geschiebeabseitung durch Spülungen. In diesen Fällen muss die Geschiebeabseitung meist auf künstliche Weise durch Baggerung aus dem Stauegebiet erfolgen, wie dies z. B. gegenwärtig

beim Kraftwerk Eglisau der Fall ist. Da die Unterlieger davon profitieren, wenn ein flussaufwärts gelegenes Werk Geschiebeablagerungen durch Baggerung beseitigt, so wird sich im Laufe der Zeit der Wunsch nach einer Regelung der hieraus entstehenden Kostenübernahme durch alle an dem betreffenden Fluss interessierten Werke aufdrängen, sei es durch gegenseitige Verständigung unter den Werken oder durch behördliche Mitwirkung. Ist einmal die Geschiebefrage im vorstehenden Sinne gelöst, dann dürfte bei der einen oder andern ältern Anlage durch etwaliche Absenkung der Unterwasserspiegel mittels Baggerungen eine leichte Steigerung des verfügbaren Gefälls erreichbar sein und dieses grössere Gefälle wird besonders dann gut ausgenützt werden können, wenn diese ältern Werke etwa zur Auswechslung ihrer alten Turbinen schreiten.

#### Wehranlagen.

Durch die in neuerer Zeit eingerichteten Wasserbaulaboratorien der technischen Lehranstalten ist dem Bauingenieur ein wertvolles Mittel in die Hand gegeben, die Projektierung auf zuverlässigerer Basis durchzuführen als früher. Er kann dadurch auch die Auswirkungen der Wehrbauten auf den Flusslauf zum voraus zuverlässiger erkennen. Dies ist von grosser Bedeutung bei den grossen Wehranlagen der Mittellandflüsse, während bei den kleineren Wehren der Hochgebirgsflüsse die Bedeutung des Modellversuches in der Regel zurücktritt. Bei den grössern Wehrbauten ist der Modellversuch in letzter Zeit auch in weitgehendem Umfang für die Disposition der baulichen Massnahmen während der Ausführungszeit herangezogen worden. Er ermöglicht, die Unterteilung der Baustappen, die Wasserumleitung und die dabei eintretenden Veränderungen der Flußsohle zuverlässiger zu studieren und im Projekt zu berücksichtigen, als dies früher der Fall war. Es ist anzunehmen, dass auch in Zukunft dem Modellversuch eine sehr grosse Bedeutung beim Projektieren und beim Bau von Wehranlagen zukommen wird.

Die umfangreichen Erfahrungen mit ausgeführten Wehranlagen, sowie die fortgeschrittene Entwicklung der Eisenkonstruktionen und mechanischen Anlageteile hat, verbunden mit der Forderung nach möglichst hoher Wirtschaftlichkeit, sukzessive zu einer Erhöhung der lichten Durchflussweiten der beweglichen Wehre geführt, unter gleichzeitiger Vereinfachung der baulichen Anlageteile. Es hat sich so für die grössern Wehranlagen eine Typisierung herausgebildet, die z. B. in den Anlagen Ryburg, Dogern, Klingnau und Reckingen Ausdruck findet. Dabei spielen auch die immer tieferen Erkenntnisse der Materialprüfungstechnik und die neueren Verarbeitungsverfahren der Baustoffe eine wichtige Rolle. Es mag in diesem Zusammenhang nur an die elektrische Schweißung, den vibrierten Beton, das Gunitverfahren und die mannigfachen neueren Abdichtungsverfahren erinnert werden. Die materialtechnischen Forschungen im Betonbau, namentlich die Untersuchungen über die Frostsicherheit von Beton, erlauben schon heute, die früher stark verbreiteten

teuren Verkleidungen von Wasserbauten mit Natursteinen weitgehend einzuschränken und die Betonkonstruktion ungeschützt sichtbar zu lassen. Hand in Hand damit tendiert auch die äussere architektonische Gestaltung der Wehrbauten nach Vereinfachung der Bauformen. Damit wird in der Regel eine bessere Einpassung der Kraftwerksanlage als Ganzes in die Landschaftsverhältnisse erreicht, eine Forderung, welche mehr und mehr auch von der zeitweise sehr regen Aktion der Heimatschutzverbände gestellt wird.

Aber auch die immer weiter entwickelten Baumaschinen und Baumethoden beeinflussen fortwährend Gestaltung und Bau der Wehrbauten. So kann man sich z. B. heute die eigentlich erst in jüngerer Zeit in erhöhtem Masse zur Verwendung gelangten eisernen Spundwände im Bau von Wehranlagen kaum mehr wegdenken. Diese Spundwände haben es ermöglicht, in vielen Fällen offene Gründungen bedeutender Bauten durchzuführen, für welche man früher zur Anwendung des Druckluftverfahrens genötigt war. Sehr oft wird damit eine Grundwasserabsenkung verbunden, deren Entwicklung bereits zu grosser Vollkommenheit gebracht wurde. Wesentlich ist, dass dabei meistens nicht nur eine Vereinfachung der Gründung, sondern auch eine Kürzung der Bauzeit erreicht wird. Im weitern hilft hin und wieder auch der erdbautechnische Laboratoriumsversuch zur zweckmässigen Anordnung von Gründungen im Wehrbau, besonders dort, wo es sich um Anlagen in weicheren, feinsandigen und lehmhaltigen Bodenschichten handelt.

Im Bau der beweglichen Wehrverschlüsse haben sich in der Schweiz nach und nach die geeignetsten Typen ziemlich klar herausgearbeitet; sie sind konstruktiv auf hoher Stufe angelangt. An den grossen Flüssen des Mittellandes stehen dabei die sog. Doppelschützen im Vordergrund. Bei Anlagen, wo es sich um die Durchleitung geringerer Wassermengen handelt, werden hin und wieder auch verschiedene Typen von automatisch betätigten Wehrkonstruktionen angewendet. Die Fernsteuerung und die automatische Betätigung der Wehrverschlüsse ist in den letzten Jahren stärker aufgekommen, im Interesse eines besseren Zusammenspiels der Wehrregulierung mit der wechselnden Belastung der Turbinen. Die Fernsteuerung erfolgt dabei in der Regel von der Schaltbühne des Kraftwerkes aus.

#### Staumauern und Dämme.

Auch für die Staumauern und Dämme (wobei zu den Dämmen auch die grössern Seitendämme von Kanälen gerechnet werden können) haben die Fortschritte im Materialprüfungswesen, die neuen erdbautechnischen Untersuchungsmethoden, die hydraulischen Modellversuche und neuerdings die baustatischen Modelluntersuchungen (diese speziell für Bogenstaumauern) so viele neue Erkenntnisse gebracht, dass die Projektierung und Ausführung dieser Bauobjekte auf bessern Grundlagen erfolgt als früher, so dass auch die Sicherheit der Bauwerke besser zu beurteilen ist. Die daraus entwickelten neuern Berechnungs- und Baumethoden sind heute noch im Fluss und werden sich voraus-

sichtlich in der nächsten Zeit noch ziemlich stark weiter entwickeln. Während früher die massiven, sog. reinen Schwergewichtsmauern das Feld beherrschten, dürften in Zukunft (neben dem Bau von Erddämmen) Material sparende Stau-mauern, wie Bogen-mauern, kombinierte Bogen-Schwergewichtsmauern, Eisenbeton-mauern und sog. Hohl-mauern vermehrte Anwendung finden. Besonders der letztgenannte Typ, der in der Schweiz erstmals in grossem Ausmass an der Dixence zur Ausführung kam, dürfte inskünftig mehr in den Vordergrund treten, erlaubt er doch gerade bei hohen Stau-mauern eine erhebliche Materialersparnis bei gleichwohl robustem Charakter des Mauerkörpers. Auch ist dabei das innere Kräftespiel des Mauerkörpers gut zu überblicken. Ferner sind die dauernde Kontrolle und die im Laufe der Zeit evtl. nötig werdenden Ergänzungsarbeiten bei der Hohl-mauer leicht durchzuführen. Bei den Bogenstau-mauern dürfte die in der Vergangenheit oft angewandte zu theoretische mathematische Behandlung der Spannungsberechnung gelegentlich einer vereinfachten Berechnungsmethode Platz machen, welche ergänzt wird durch Modelluntersuchungen in den baustatischen Laboratorien der technischen Hochschulen. Weiter wird für die künftige Beurteilung und Projektierung von Stau-mauern aller Typen die Auswertung der inzwischen gesammelten reichen Erfahrungen und Messungen an ausgeführten Stau-mauern wegleitend sein. So wird gegenwärtig im Auftrage der schweizerischen Tal-sperrenkommission das grosse Beobachtungs- und Messungsmaterial verschiedener schweizerischer Stau-mauern einer zusammenfassenden Sichtung und wissenschaftlichen Auswertung unterzogen, deren Resultate für die weitere Entwicklung von Projekt und Bau der Stau-mauern von Bedeutung sein dürften.

Die mit den Stau-mauern und Staudämmen Hand in Hand gehenden Entlastungsanlagen (Ueberfallbauwerke und Grundablässe) können ebenfalls mit Hilfe von Modellversuchen in den heute bestehenden Wasserbaulaboratorien rationeller entworfen werden als dies früher der Fall war, so dass gerade für diese sehr wichtigen und oft kostspieligen Bauwerke der Modellversuch für die nächste Zukunft nicht mehr weggedacht werden kann.

Auch die in neuerer Zeit immer besser ausgebauten Untersuchungen und Methoden zur Verdichtung und Verfestigung des Baugrundes werden je länger je mehr bei Stau-mauern und Staudämmen nützliche Anwendung finden. Hand in Hand damit spielen die Forschungen im Gebiete der Bauchemie

eine wesentliche Rolle, besonders dort, wo es sich um Konsolidierungen und Verfestigungen von wenig tragfähigen Böden handelt, wie dies gerade im Dammbau vorkommt, gelegentlich auch bei Bekämpfung von Durchsickerungen, welche erst im Laufe einer längeren Betriebszeit in Erscheinung treten.

#### Einlaufbauwerke.

Für die Einlaufbauwerke an Hoch- und Niederdruckwerken haben sich die Bautypen nach und nach weitgehend vereinheitlicht. Sie sind erheblich verbessert worden hinsichtlich Freihaltung der Einlaufbauwerke von Kies und hinsichtlich der ausreichenden Entsandung der eingeleiteten Wassermengen. Die dabei gesammelten Erfahrungen und entwickelten Konstruktionen dürften gelegentlich auch beim Umbau älterer bestehender Werke zur Anwendung gelangen, wie dies bereits an verschiedenen Anlagen geschehen ist.

#### Zuleitungskanäle und Stollen.

Für die Zuleitungskanäle zu den Kraftwerken, seien es offene Kanäle oder als Stollen gebaute Gerinne, dürften sich die Bauformen und Ausführungsmethoden in der nächsten Zukunft kaum wesentlich verändern. Für die offenen Kanäle, speziell für die dafür nötigen Dammbauten, wird allerdings inskünftig der erdbautechnische Laboratoriumsversuch in vermehrtem Umfang beigezogen werden, um Projekt und Bau tunlichst zu verbessern. Im Druckstollenbau dürfte sich vielleicht das Anwendungsgebiet in gewissen Fällen noch etwas erweitern durch Beiziehung der erst seit kurzer Zeit ausgearbeiteten Verfahren zur Vorspannung von Betonkonstruktionen, speziell von ringförmigen Betonbauten. Ferner wird vielleicht noch eine gewisse Verfeinerung der Stollenprojekte zu erwarten sein durch die gegenwärtig in Ausführung befindlichen Messungen und Studien der schweizerischen Druckstosskommission an ausgeführten Kraftwerken. Ein diesbezüglicher Einfluss dürfte sich vor allem auf jene Kraftwerksdispositionen ergeben, bei denen die Wasserschlösser mit gedrosselter Verbindungsöffnung an den Stollen anschliessen und für welche bisher keine zuverlässigen Messresultate vorliegen, die den tatsächlichen Verlauf der Druckstösse von der Druckleitung zum Wasserschloss und Stollen nachgewiesen haben. Es wird für die künftige Entwicklung des Entwurfes von Wasserschlössern von Bedeutung sein, die bisherigen mehr theoretischen Berechnungen durch den bei ähnlichen Fällen tatsächlich gemessenen Druckverlauf nachprüfen zu können.

## Die Maschinenteknik der Wasserkraftanlagen.

Von R. Dubs, Zürich, unter Mitarbeit der Industrie.

621.24

*Die modernen Ausführungen und künftige Möglichkeiten von Wasserschlössern, Druckleitungen, Turbinen und Turbinenregulierungen werden kurz beschrieben und begründet.*

*L'auteur décrit et motive les constructions modernes et les possibilités futures en matière de chambres d'équilibre, de conduites forcées, de turbines et de régulateurs.*

### Das Wasserschloss.

Das am untern Ende des Druckstollens, d. h. beim Beginn der Druckleitung angeordnete Was-

serschloss hat die Aufgabe, die beim Regulieren der Turbinen auftretenden Druckänderungen innerhalb zulässiger Grenzen zu halten. Eine rationelle