

**Zeitschrift:** Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schifffahrt  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 2 (1909-1910)  
**Heft:** 16  
  
**Artikel:** Neue Konstruktionstypen von Staumauern und Staudämmen  
**Autor:** Hilgard, K.E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-920244>

### **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:** 28.12.2025

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

Zürich eine Bevölkerungsziffer von 200—220,000 aufweisen und es wird nicht mehr angängig sein, die Schmutzwasser direkt in die Limmat zu leiten.

Der Vortragende kommt damit auf den zweiten Teil seines Themas, die Kläranlage, zu sprechen. Schon beim Kübelsystem findet eine Abschwemmung der festen Bestandteile statt. Die weniger festen Stoffe aus den Kübeln und alle andern Schmutzwasser von Häusern, Strassen, Küchen, Fabriken etc. gehen direkt in die Kanäle, so dass die Einführung des vollkommenen Schwemmsystems keine stärkere Verunreinigung der Limmat, wohl aber eine augenfälliger durch die schwimmenden groben Bestandteile zur Folge haben wird. Eine Klärung der Schmutzwasser wird also mit dem Wachstum der Stadt nötig.

Die vollständige Abschwemmung wird vom finanziellen und sanitären Standpunkt aus verlangt werden müssen. Am linken Ufer ist bereits durch Anordnung von Spülvorrichtungen Rücksicht auf ihre Einführung genommen worden. Die Baukosten der Kübelräume werden erspart und die sanitären Verhältnisse werden besser. Die Kübelabfuhr ist sonst für die Stadt kein schlechtes Geschäft. Jährlich werden 7—8000 m<sup>3</sup> Kübelstoffe abgeführt. Die Bruttoausgaben hierfür betragen 250,000 Franken und werden durch Abfuhrgebühren und Erlös aus der Verwertung der Kübelstoffe vollständig gedeckt. Die Mehrkosten für Spülung und Reinigung der Kanäle werden durch Kanalreinigungsgebühren gedeckt werden müssen. Die Schwemmkanalisation erfordert ausserdem grosse einmalige Auslagen. An die Kanalisation sind 10,500 Häuser mit 155,000 Bewohnern angeschlossen, und man berechnet, dass die Umbaukosten der Kübelräume pro Haus im Mittel 6—700 Franken betragen werden, im ganzen also 6,300,000—7,350,000 Franken. Dazu kommen noch die Kosten der Spülvorrichtungen und der Kläranlage. Diese kommt ans Ende des Hauptschmutzwasserkanals auf das städtische Land unterhalb dem Hardhüsli zu liegen und soll aus einem System von Vorreinigern und der eigentlichen Kläranlage bestehen, für welches jedenfalls nur das künstliche biologische Reinigungsverfahren in Anwendung gelangen kann. Das Land, welches die Stadt seinerzeit für Rieselfelder im Limmatthal gekauft hat, ist zu anderen Zwecken (Gasanstalt, Industriestrasse etc.) verwendet worden, ausserdem wäre es zu klein zur Berieselung. Die Anlage wird sukzessive ausgebaut werden, indem man zuerst untersuchen will, welches Verfahren sich am besten eignet. Daher sind im Anfang nur Sandfänge und Sedimentierbecken vorgesehen, an die sich dann die weiteren Anlagen anschliessen werden.

Der interessante Vortrag gab Anlass zu einer lebhaften Diskussion, die sich namentlich auf den Nutzen der Schwemmkanalisation und die Wahl des Systems der Kläranlage oder Berieselung bezog. Man kam im letzteren Punkte zur Überzeugung, dass sich das Land

in der Schweiz mit seinem vorwiegenden Wiesenbau und der guten Bewässerungsmöglichkeit im allgemeinen nicht zur Anlage von Berieselungsfeldern eigne.

Hy.



## Neue Konstruktionstypen von Staumauern und Staudämmen.

Von a. Professor K. E. HILGARD, Ingenieur-Consultent in Zürich.

### I. Geradlinige hohle Staumauern beziehungsweise Staudämme aus armiertem Beton\*).

Die Erkenntnis von der alljährlichen nutzlosen Vergeudung des zu den wertvollsten aller Gemeingüter zählenden fliessenden Wassers ist auch in der Schweiz in weiteren Kreisen geweckt worden. Speziell für die Ausnutzung der Wasserkraft ist dieses Gemeingut um so wertvoller, je grösser und steiler das Gefälle innerhalb der von einem Gewässer bis zu seiner Mündung in den nur eine schwache Neigung aufweisenden Hauptfluss zu durchlaufenden Strecke ist. Daher können auch verhältnismässig kleine Wassermengen zur Erzeugung grosser Wasserkräfte verwertet werden, sofern ein grosses Gefälle disponibel und überdies die Möglichkeit vorhanden ist, das während der Zeiten geringen Kraftkonsumes, beziehungsweise während eines Teiles oder der ganzen Jahreszeit reichlicher Niederschläge nicht benötigte Wasser in Sammelbecken aufzuspeichern. Den richtigen Wertmesser eines solchen Zwecken dienenden Sammelbeckens, einschliesslich der zu seiner Anlage erforderlichen Talsperre bildet daher nicht bloss der nutzbare Stauraum  $J$  (in m<sup>3</sup>) und dessen Anlagekosten, sondern das nicht nur von diesem sondern auch von dem durch die zugehörige Wasserkraftanlage ausnutzbaren mittleren Gefälle  $h$  (in m) abhängige Energieaufspeicherungsvermögen. Dieses letztere lässt sich am besten bei einem Tagesausgleichbecken in P. S.-Stunden beziehungsweise in 24-stündigen P. S., bei einem Jahresausgleichbecken dagegen in P. S.-Jahren ausdrücken. Der Tag zählt 86,400, das Jahr aber 31,536,000 Sekunden. Unter der Annahme eines Wirkungsgrades der hydraulischen Anlage von 75 % ergibt sich die mit einer sekundlichen Wassermenge  $Q$  (in m<sup>3</sup>) erzielbare hydraulische Leistung zu  $Q \cdot h \cdot 10$  P. S. Demnach berechnet sich das Energieaufspeicherungsvermögen eines Tagesausgleichbeckens zu

\*) Auf Grund neuerer Ausführungen etwas ergänzter Auszug aus einem vom Verfasser, auf besonderen Wunsch des Bündnerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins im Jahre 1908 in Chur gehaltenen Vortrag: „Über moderne Bauweisen für Staudämme und Staumauern“ unter Hinweis auf spezielle „Aufgaben eines rationellen Wasserhaushaltes in der Schweiz und besonders im Kanton Graubünden“.

$$\frac{J. h. 10}{86,400} = \frac{115.74}{1,000,000} \times J. h. P. S.-\text{Tagen, das heisst}$$

$$24\text{-stündigen P. S. oder aber zu rund } \frac{2.78}{1000} \cdot J. h$$

P. S.-Stunden. In gleicher Weise berechnet sich für ein Jahresausgleichbecken das Energieaufspeicherungs-

$$\text{vermögen zu } \frac{J. h. 10}{31,536,000} = \frac{0.3168}{1,000,000} \times J. h. P. S.-$$

Jahren (1 P. S.-Jahr = 8760 P. S.-Stunden) oder

$$\text{wiederum zu rund } \frac{2.78}{1000} \cdot J. h. P. S.-\text{Stunden.}$$

Zweifellos werden das infolge jener Erkenntnis vereinzelt durch Privat- oder kantonale Initiative, in neuerer Zeit auch von den Bundesbahnen veranlasste und begonnene Studium der zweckmässigsten Platzierung von solchen Sammelbecken, sowie die dahin zielenden Bestrebungen des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes in der nahen Zukunft auch in unserem Gebirgsland zu einer weit regeren Tätigkeit auf dem Gebiete des Talsperrenbaues, wie bisher führen. Gegenüber fast allen infolge ihrer topographischen Verhältnisse hierfür geeigneten Ländern Europas ist dieses Gebiet des Wasserbaues in der Schweiz noch am wenigsten entwickelt.

Einerseits wird danach zu streben sein, bereits vorhandene Seen, soweit dies nur möglich ist, als Sammelbecken auszunutzen, andererseits aber in höher bis hoch gelegenen Tälern der Vorberge und Alpen künstliche Stauseen zu schaffen. In beiden Fällen ist eine möglichst wirtschaftliche Bauweise der oft grosse Baukosten verursachenden, die Wasserkraftanlagen besonders verteuernenden Staumauern oder Staudämme von grösster Wichtigkeit. Der für die Anlage eines solchen Stauwerkes geeignet scheinende Baugrund, welcher in allen Fällen zunächst des genauesten zu erforschen ist, sowie das nicht in allzu-grosser Entfernung disponible Baumaterial wird gewöhnlich für die Frage: ob Staumauer, ob Staudamm oder ob eine Stauseeanlage überhaupt, entscheidend sein. Auf felsigem Untergrund sind in Europa bisher meist massive Staumauern, auf erdigem Untergrund dagegen angeschüttete Staudämme zur Ausführung gelangt. Die den Gegenstand dieser Ausführungen bildende neue Bauweise von Staudämmen hat sich innerhalb weniger Jahre zuerst in den Vereinigten Staaten von Nordamerika in einer berechtigtes Aufsehen erregenden Weise entwickelt. Sie ist auf dem besten Wege, sich auch in Europa, zunächst in Norwegen, Italien und Schottland, aber auch in ausländischen Kolonien Bahn zu brechen. Diese Baumethode eignet sich bei erhöhter Sicherheit des Bauwerkes ebenso vorzüglich auf felsigem wie alluvialem Untergrund. Sie gestattet den bisher üblichen Staumauern aus massivem Mauerwerk oder angeschütteten Staudämmen gegenüber, erhebliche Ersparnisse wenn auch nicht immer an den direkten Baukosten, so doch zweifellos immer

solche an der Bauzeit, also auch an den Bauzinsen. Infolgedessen ermöglicht sie, was am meisten ins Gewicht fällt, eine bedeutend frühere Erzielung von Betriebseinnahmen.

Der Urheber der neuen amerikanischen Methode des Baues hohler Staudämme aus armiertem Beton ist der norwegische Ingenieur Nils. F. Ambursen, Oberingenieur der „Ambursen Hydraulic Construction Co.“ in Boston, an deren Spitze der bekannte amerikanische Ingenieur W. L. Church steht. Der grosse Erfolg der von dieser Baugesellschaft ins Leben gerufenen Bauweise beruht hauptsächlich auf der ihren Urhebern zu Gebote stehenden, mannigfachen und wertvollen Erfahrung in der praktischen Ausführung solcher Stauwerke. Der Mangel dieser speziellen Erfahrung in der konstruktiven Anordnung und der richtigen Behandlung des Baumaterials, um absolute Wasserdichtigkeit zu erzielen, namentlich aber an nach richtigen wirtschaftlichen Grundsätzen geplanten Installationen zur raschen einwandfreien Herstellung und praktischen Transport-, Verteilungs- und Verwendungsweise des Baumaterials, hat bei anderen Stauwerken ähnlicher Bauart aus armiertem Beton bereits in mehreren Fällen zu argen Enttäuschungen geführt. Durch eine grosse Anzahl solcher sich im Betrieb vorzüglich bewährenden Stauwerke von zum Teil ganz beträchtlichen Dimensionen hat die Ambursen'sche Bauweise den Bestrebungen einer rationellen Wasserwirtschaft, soweit dabei eine künstliche Aufstauung und Aufspeicherung von Wasser in Frage kommt einen grossen und von den Organen der amerikanischen Bundesregierung bereits rückhaltlos anerkannten Vorschub geleistet. Durch diese Bauweise sind dem Wasserbauer neue, besonders auf erhöhte Sicherheit und damit um so mehr auf die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen hinzielende Wege gewiesen. Von den namentlich für Deutschland typischen Staumauern des verstorbenen, um die Wasserwirtschaft in Europa so hochverdienten Dr. Ingenieur Intze, unterscheiden sich diese amerikanischen Staudämme nicht nur durch die Anwendung von Beton und Eisen als Baumaterial, sondern namentlich durch die auf ganz anderen Grundsätzen beruhende Ausbildung des Querschnitts. Im Gegensatz zu den Intze'schen Massivbauten aus Mauerwerk kann die Ambursen'sche Bauweise treffend als Hohl- oder Hohlzellenbau in Eisenbeton bezeichnet werden.

Die charakteristische Querschnittsanordnung, die keineswegs durch die Wahl des Baumaterials bedingt ist, beruht auf der Grundform eines Dreiecks, dessen Wasserseite zirka 45 Grad geneigt ist, so dass selbst bei der zwar luftseitig nur selten vertikalen Begrenzung der Wasserdruck allein schon nicht über das luftseitige Drittel der Basis hinaustreten kann. Dadurch unterscheidet sie sich von den in Europa bisher, mit einer einzigen kaum in Betracht fallenden

Ausnahme<sup>1)</sup>, noch immer nicht über das Stadium von Bauprojekten hinaus gediehenen hohlen Stau-mauern aus armiertem Beton<sup>2)</sup>).

Die Hohlräume der Stauwehre und Staudämme können nach dem Vorgehen der „Ambursen Co.“ in der verschiedenartigsten Weise nutzbar gemacht werden. Dadurch wird in vielen Fällen der dem Hohl-bau im Vergleich mit Bauwerken aus massivem Mauerwerk entgegengehaltene Nachteil, einer beträchtlichen Inanspruchnahme nutzbaren Stauinhaltes durch das Stauwerk selbst, mehr als kompensiert.

(Fortsetzung folgt.)



### Die Rentabilität des Ausbaues der österreichischen Alpenwasserkräfte im Hinblick auf die geplante Besteuerung.

Wir erhalten aus Wien folgenden Bericht:

Über das im Titel angegebene Thema hielt kürzlich Dr. Ingenieur Walter Conrad einen sehr interessanten Vortrag, den der Wasserwirtschaftsverband der österreichischen Industrie veranstaltet hatte. „Er wird, da er auch schweizerische Verhältnisse berührt, in der Schweiz ebenfalls interessieren.“

Der Vortragende bezeichnete als Haupthindernis für das erfolgreiche Fortschreiten des Ausbaues der österreichischen Wasserkräfte die Vorurteile, welche über die wasserwirtschaftlichen Unternehmungen aus der Zeit zurückgeblieben sind, in der das Geschäft des Konzessionserwerbes noch einen stark spekulativen Anstrich trug. Charakteristisch für diese Periode ist die Überschätzung des geschäftlichen Erfolges und die Unterschätzung der Kosten des Baues und der Schwierigkeit der Kraftverwertung. Obwohl diese Fehler der gleichen Quelle der mangelnden Sachkenntnis entsprungen sind, war ihr Einfluss auf das Kapital einerseits und die öffentliche Meinung andererseits doch vollkommen verschieden. Das inländische Kapital zog sich zum Teil enttäuscht von der Wasserkraftnutzung zurück, so dass die meisten Wasserkraftzentralen ausländischer Gelder zu ihrer Herstellung bedurften, die öffentliche Meinung hielt sich dagegen an die grossen Gewinnhoffnungen, glaubte in den Wasserkräften ungeheure, ungehobene Bodenschätze zu erblicken, und geriet in Angst, sie ähnlich wie die städtischen Baugründe und Bergwerksgerechtsame zum Schaden der Allgemeinheit an Private ausgeliefert zu sehen. Einen Ausdruck dieser öffentlichen Meinung bildet die geplante Sondersteuer auf Wasserkräfte,

ferner das Zögern der Behörden bei Verleihung von Konzessionen und ihr Bestreben, möglichst hohe Gegenleistungen an jede Konzession zu knüpfen. Die Wasserkraftbewegung ist darum heute zwischen dem Misstrauen des Kapitals und der Besorgnis der öffentlichen Meinung gewissermassen eingeklemmt. Beide Vorurteile sind ungerechtfertigt, weil der Ausbau der Wasserkräfte nur einen sehr bescheidenen Verdienst, dafür aber eine ausserordentlich grosse Sicherheit der Kapitalsanlage gewährt.

Der Vortragende bewertet die Gesamtmenge der ausbauwürdigen Grosswasserkräfte, welche innerhalb des Gebietes von 86,000 km<sup>2</sup> der österreichischen Alpen liegen, mit nur 1,000,000 effektiver Turbinenpferde im Winter und 5—6,000,000 effektiver Turbinenpferde im Sommer. Als Grosswasserkräfte gelten solche von über 1000 Pferden in den Hochalpen und von über 800 Pferden in den Niederalpen. Die Grenze der Ausbauwürdigkeit wurde bei Hochdruckwerken mit 1000 Kronen Anlagekosten, bei Niederdruckwerken mit 1500 Kronen pro Turbinenpferd angenommen. Die grosse Zahl der Sommerkräfte wird mangels entsprechenden Bedarfes nie voll ausgenützt werden können, so dass sich der Jahresdurchschnitt der ausbauwürdigen Wasserkräfte auf rund 1,800,000 Turbinenpferde stellt. Davon sind 300,000 Turbinenpferde von grösseren Werken in Anspruch genommen, so dass noch 1,500,000 Turbinenpferde oder 85 % der gesamten Durchschnittsleistung verfügbar sind. Zur Erzeugung dieser Kraft aus Kohle wären etwa 600,000 m<sup>2</sup> Kesselheizfläche und bei durchschnittlich 3000 Betriebsstunden im Jahr 4 1/2 Millionen Tonnen Steinkohle erforderlich. Diese Kesselheizfläche erreicht noch nicht ein Viertel der in Österreich bestehenden Stabilkessel, die Kohlenmenge noch nicht ein Achtel unserer jetzigen Kohlenproduktion. Dieses Achtel entspricht dem Produktionszuwachs der letzten vier Jahre. Eine Schädigung des Kohlenbergbaues durch den Ausbau der Wasserkräfte wird darum nie fühlbar werden.

Diese 1,800,000 Pferde sind eine viel zu grosse Menge, um von der heutigen Bevölkerung des Alpengebietes aufgebraucht zu werden, selbst wenn man die Elektrifizierung der gesamten Alpenbahnen einschliesslich des österreichischen Südbahnnetzes dazu zählt, dagegen ist zu erwarten, dass in 60 bis 70 Jahren dieser Fall eintritt. Wenn die Bevölkerungszunahme des Jahrzehntes von 1890 bis 1900 andauert, so werden dann an Stelle der im Jahre 1900 vorhandenen 7,000,000 Köpfe rund 12,000,000 Köpfe in den Alpenländern leben, davon die Hälfte in industriereichen Gebieten. Berechnet man den Kraftbedarf dieser Bevölkerung nach Massgabe des heute in Vorarlberg herrschenden Zustandes, so erhält man als notwendige Höchstleistung rund 600,000 Turbinenpferde, aus denen sich zuzüglich des dann bestehenden Bedarfes der Bahnlagen von 400,000 Turbinenpferden

<sup>1)</sup> Stau-mauer für das Ausgleichbassin der Centrale „Cedegolo“ (Wasserkraftanlage Poggia-Adamello).

<sup>2)</sup> Entwürfe u. a. von den Ingenieuren Ziegler und Schacht, Mörsch, Kauf, sowie vom Verfasser.