

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	69/70 (1917)
Heft:	11
Artikel:	Kolk-Erfahrungen und ihre Berücksichtigung bei der Ausbildung beweglicher Wehre
Autor:	Roth, Hans
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-33939

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: 21.02.2026

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

Kolk-Erfahrungen und ihre Berücksichtigung bei der Ausbildung beweglicher Wehre.

Von dipl. Ing. Hans Roth, Zürich. (Schluss von Seite 114.)

V. Rückschlüsse.

Nachdem das Kolkproblem allgemein besprochen wurde, kann an die Lösung der Spezialfrage herangetreten werden: „Wie ist die Schwelle eines beweglichen Wehres mit Rücksicht auf die Kolkbildung zu gestalten, damit sich Bau- und Unterhaltskosten einem Minimum nähern?“ Das ganze Problem lässt sich auch auf die Formel bringen: „Ist die Wehrgründung in grosse Tiefe der Gründung auf breiterer Basis vorzuziehen?“ Die Breite der Gründungsfläche hängt in erster Linie von der Tragfähigkeit und Dichtigkeit des Untergrundes ab; gelegentlich wird aber die Wehrschwelle zum Schutze gegen Auskolkungen flussabwärts bedeutend verbreitert und in fester Verbindung mit der eigentlichen Wehrgründung ausgeführt. Wir stellen zuerst die Kernsätze betreffend die Wehrschwelle zusammen, um nachher die Frage der Schwellenverlängerung, d. h. die Erstellung eines Wehrbodens, zu prüfen.

A. Die Wehrschwelle.

Erste Forderung sollte sein, dass die Wehrschwelle, d. h. der gesicherte Boden zwischen den Pfeilern, nach unten dicht abschliesst und dem überströmenden Wasser kein Hindernis bietet. Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass die Schwelle mit Vorliebe erhöht und in einer gekünstelten Form erstellt wurde. Glücklicherweise decken sich die Forderung der Zweckmässigkeit und der Wunsch nach leichter Ausführbarkeit, sodass dank dem baulichen Vorteil hydraulisch einwandfreie Formen sich wohl einführen lassen. Es sollte die Schwelle glatt, horizontal und deren Breite gleich der Pfeilerlänge sein, damit der ganze Flussboden zwischen den Pfeilern geschützt ist. Dadurch wird dem Unterspülun vorstehender Pfeilerfundamente vorgebeugt.

Wichtig ist die Festsetzung der *Schwellenhöhe*. Die richtige Höhenlage kann nur annähernd ermittelt werden; es handelt sich aber hier um die grundsätzliche Frage, ob eine möglichst tiefliegende Schwelle zu empfehlen sei. Wir wissen, dass die Schwelle bei älteren Wehren über Niederrasser, bei neueren Wehren ungefähr auf mittlerer Sohlenhöhe angesetzt wurde, und dass die neuere Anordnung entschieden ein Fortschritt ist. Die Höhenlage der Schwelle beeinflusst die Durchflussfläche, das Ausräumen der im Staugebiet lagernden Geschiebemassen und die Gestaltung des Kanaleinlaufs. Es ist klar, dass eine Hebung der Schwelle bezüglich der erwähnten Punkte ungünstig wirkt, während eine weitere mässige Senkung keinerlei Nachteile zur Folge hat¹⁾, es müsste denn das Mass der Auskolkungen ungünstig beeinflusst werden. Da dieses, wie wir wissen, bei guter Regulierung nicht der Fall ist, steht einer *tiefen Lage der Wehrschwelle* nichts im Wege.

Wird aber gerade dadurch die Gründung nicht ausserordentlich erschwert und verteueret? Bei den Anlagen laut Abb. 12 bis 27 ist eine bedeutende Fundationstiefe begründet, weil der Kolk von der Schwelle an weit in die Tiefe reicht. Es würde demnach, ähnliche Wehrform vorausgesetzt, durch Tiefersetzen der Schwelle nur die Gründungstiefe noch weiter hinabgeschoben. Eine tiefere Gründung ist aber nicht nötig, und zwar deshalb nicht, weil durch das Tieferlegen der Wehrschwelle diese der Vorteile von Abb. 15 (verminderte Einschnürung und guter Felsanschluss) teilhaftig wird, wobei im Fels eine Kolktiefe von nur $\frac{1}{10}$ bis $\frac{3}{10}$ der maximalen Spiegeldifferenz zu erwarten ist.

Für die Höhenlage der Schwelle kommt mit Rücksicht auf die Auskolkungen vor allem die Höhe des gesunden Felsens in Betracht, weil hierbei die, durch die untere harte Begrenzung gut geführten Wassermassen das Felsgefüge kaum zu lockern vermögen. Ist der Fels aber nicht widerstandsfähig, oder zu tiefliegend, dann gelten die Angaben

für Alluvialboden. Die günstigste Höhenlage von Oberkant Schwelle bei Wehren in *Alluvialboden* wird durch die Bedingung bestimmt, dass die Durchflussfläche über der Wehrschwelle im Unterwasser für alle Wassermengen gleich oder grösser sei, als vor Baubeginn. Durch diese Massnahme wird natürlich die Zunahme der mittlern Geschwindigkeit über Schwellenende und die Ausbildung eines Kolkraums nicht verhindert; die Tiefe des Kolkes kann aber bei geschickter Regulierung beschränkt werden. Es sollte der Strahl annähernd horizontal in den Wasserraum gelenkt werden, damit er nicht wie bisher über das Wehrende in den Kolkraum fällt, oder über dem erhöhten Wehrende in die Luft springt.

Da jedwelche untere Führung fehlt, scheint die Regulierung vermittelst Ueberfall am zweckmässigsten. Es ist aber zu beachten, dass auch hierbei tiefere Ausspülungen unvermeidlich und bei der Berechnung der Standsicherheit in Berücksichtigung zu ziehen sind. Ferner darf die Wehrschwelle nicht in beliebig grosser Tiefe angesetzt werden, denn es entstehen durch den Anprall in tieferem Wasser dicht hinter dem Wehr sehr heftige Wirbelströmungen. Es könnte daher unter Umständen der wertvolle Vorzug, mittels der tiefliegenden Schwelle den Stauraum entkiesen zu können, durch Nachteile wieder aufgehoben werden.

Wird ein sogen. Wehrboden, also eine Verlängerung der Schwelle, vom Pfeilerende an flussabwärts nicht vorgesehen, und die Gründungstiefe den bereits erwähnten Angaben über Kolktiefen und den Untergrundverhältnissen entsprechend gewählt, dann sind alle Hauptmasse des Wehrbaues bestimmt, sofern als Gesamtbreite die normale Flussbreite angenommen wird. Dieses Vorgehen schliesst unangenehme Ueberraschungen aus, da das Entstehen von Kolkräumen innerhalb normaler Ausdehnung zum voraus berücksichtigt wird, sodass, wenn diese normalen Grenzen nicht überschritten werden, von ausserordentlichen Massnahmen zur Bekämpfung der Unterspülung abgesehen werden kann.

B. Der Wehrboden.

Wird die Gründung der Wehre auf breiter Basis für nötig erachtet oder besteht einige Wahrscheinlichkeit, dass die Auskolkungen eine spätere Verlängerung der Wehrschwelle, also einen Wehrboden doch nötig machen, dann kann es sich nur darum handeln, die günstigste Art des Vorgehens ausfindig zu machen. Zwei Wege führen zum Ziel; der ältere ist bekannt: er erfordert nach einigen Jahren grosse Massen an Füllmaterial; der neuere sorgt vor Betriebsöffnung vor und setzt gleichzeitig mit dem Wehr den Wehrboden an. Dieser Boden schützt das Wehr direkt, indem der Kolk flussabwärts verschoben wird. Ist aber damit das Wehr besser gesichert? Sicherlich dann, wenn es schon an und für sich sicher steht. Wurde aber das Wehr im Vertrauen auf den langen Wehrboden wenig tief gegründet, dann ist mit dem Aufbrechen des dem Auftrieb ausgesetzten Bodens die ganze Anlage plötzlich bedroht. Es scheint deshalb empfehlenswert, auf einen teuren Wehrboden mit tiefer Endschwelle zu verzichten und allein auf die Standsicherheit des tiefgegründeten Wehres zu vertrauen.

Wird jedoch auf die Sicherung des Flussgrundes unmittelbar unterhalb dem Wehr besonderes Gewicht gelegt, dann ist folgendes zu bemerken: Nach der Mehrzahl der Beispiele wird selbst festgefügter Fels weggespült und es ist fraglich, ob in einzelnen Fällen das Mass der Ausspülung sich überhaupt künstlich einschränken lässt, ob sich nicht notwendigerweise stets ein tiefes Becken bilden muss. Bei gutem, nicht zu stark zerklüftetem Fels kann das Ausspülen bedrohlicher Kolkräume verhindert werden, wenn von Anfang an, gleichzeitig mit dem Wehrbau, auf mittlerer Felshöhe ein durchgehender solider Wehrboden eingebracht wird. Dabei sind die Schützeneinteilungen derart vorzu-

¹⁾ Die Pfeiler sind stärker zu armieren und event. seitlich in der Schwelle zu verankern.

sehen, dass das abströmende Wasser glatt über den Boden gleiten kann. Boden und Wehrschwelle sollten daher wenn möglich auf gleicher Höhe liegen.

Sinngemäß muss bei der *Reparatur eines zerstörten Schussbodens* der neue Boden den bereits vorhandenen Durchflussverhältnissen, d. h. der Strahlform des Abflusses derart angepasst werden, dass der Strahl den neuen Boden wenn möglich tangiert. Ueber Höhe und Anschluss des Bodenendes an den Fels gelten besondere Grundsätze.

Die Tatsachen sprechen scheinbar gegen das Weglassen des Wehrbodens, da bei den meisten Wehren nachträglich ein solcher erstellt werden musste. Wird aber der Ursache nachgeforscht, die zu dessen nachträglichem Einbau führte, dann zeigt sich, dass Mängel der ursprünglichen Anlage die Mehrausgabe verursacht haben. Diese Mängel sind:

1. Zu geringe und zu ungleiche Gründungstiefe von Pfeilern und Schwelle;
2. Zu hoch liegende Schwelle oder schiefabwärts fallende Schwelle;
3. Schlechter Felsanschluss der Schwelle.

Suchen wir diese Mängel von vornherein zu vermeiden, dann scheint beim heutigen Stand der Erkenntnis der Bau eines Wehrbodens nicht unbedingt nötig, sofern nicht ungenügende Tragfähigkeit des Grundes zu breiterer Grundplatte zwingt. Es bleibt daher zusammenfassend anzugeben, wie die *Wehrschwelle bei Felsgrund*, wie in *Alluvialboden am vorteilhaftesten anzulegen ist*, damit bei geringen Baukosten nur kleine jährliche Unterhaltkosten vorgesehen werden müssen. Je nach den Verhältnissen sind natürlich verschiedene Lösungen möglich. Versuchsweise sei das Ergebnis für annähernd normale Verhältnisse in folgendem Vorschlag zusammengefasst:

C. Vorschlag.

Zur Festlegung der Schwellenhöhe eines Wehres im *Alluvialboden* dient als erster Anhaltspunkt die tiefste Kote der Flussohle im Wehrprofil. Ein Tieferlegen der Schwelle kann sich mit Rücksicht auf das Längenprofil der tiefsten Sohlenpunkte oder im Hinblick auf die fortschreitende Sohlenvertiefung des Flusses ergeben. Weitere Angaben betrifft Tiefer- bzw. Höherlegen der Schwelle können durch Beobachtung und Vergleichung der Wasserbewegung unterhalb Wehren mit ähnlicher Schützenaufteilung gewonnen werden. Die Wehrschwelle ist glatt und horizontal und liegt wegen der einheitlichen Schützenkonstruktion in allen Öffnungen auf gleicher Höhe. Die Tiefe der Gründung wird außer durch die Beschaffenheit des Grundes durch die Art der Abflussregulierung bedingt. Die Regulierung selbst ist mit Rücksicht auf die Ufersicherung und eine gute Abflussverteilung durchzuführen; es dürfte vermittelst Ueberfall ein gutes Ergebnis erzielt werden.

Wenn der gesunde Fels in erreichbarer Tiefe liegt, ist die ganze Wehranlage den im Wehrprofil meist ungleich hohen Felsslagen anzupassen. Es erfordert diese Massnahme gleich breite aber ungleich hohe, also teurere Wehrverschlüsse; sie lässt sich aber der Unterhaltkosten wegen rechtfertigen. Die Wehrschwellen sollen in jeder Öffnung auf jeweiliger Felshöhe liegen (mässiger Ausgleich des Felsbettes), dann ist unterhalb nur ein geringer Kolkraum zu befürchten. Die max. Höhe einer Schütze entspricht am besten der halben tiefsten totalen Verschlusshöhe.

Je nach dem Verschlusssystem und den Anschauungen über die Regulierungsweise stehen viele neue Wege zur konstruktiven Durchbildung des Wehrverschlusses offen. So kann z. B. bei durchgehender Regulierung mit versenkbarer Oberschütze die Höhe dieser Schütze variieren, während die Grundschatzen-Höhe konstant bleibt. Umgekehrt variiert bei Regulierung mittels Schusstrahl die Höhe der Grundschatze, während alle Oberschützen gleich hoch sind und unter Umständen als armierte Betonbogen eingebaut werden können. Diese Regulierung ist beispielsweise dann zu empfehlen, wenn ein guter Anschluss der Wehrschwelle an die ausgeglichenen Felsoberflächen mit Sicherheit zu bewerkstelligen ist, also eine gute Strahlführung

gewährleistet werden kann. Auf diese Weise werden nicht nur die Uferbauten geschont, weil in der Regel die grössten freizumachenden Öffnungen in der Wehrmitte liegen, sondern es ergibt sich ganz von selbst die dem natürlich fließenden Strom entsprechende beste Abflussverteilung über die Wehrbreite. Außerdem gelangen die grössten Abflussmengen ins tiefste Unterwasser; es wird dadurch das Gesamtausmass des Kolkraums auf ein Minimum beschränkt, und die geringere Gründungstiefe und somit auch die kleinere Bauausgabe gerechtfertigt.

*

Zweck dieser Arbeit war u. a., das Einfügen des Wehrbaues in den Untergrund kritisch zu beleuchten und die Angriffe des Wassers auf Wehr- und Flussboden zu untersuchen. Das Ergebnis ist, dass eine noch bessere Anpassung möglich ist. Jedes Vergehen gegenüber der Natur muss bezahlt werden und es zeigt sich, dass es von Vorteil ist, wenn die Wehre den von Natur gegebenen Verhältnissen so gut wie möglich angepasst werden. Die mitgeteilten Profile zeigen, wie weit es kommen kann, wenn einem künstlichen Entwurf zuliebe der Natur zugemutet wird, sich zu verleugnen.

Die zuletzt skizzierten Vorschläge können unter Umständen zu einer günstigen Lösung Anlass geben. Es sei aber darauf hingewiesen, dass die Art und Weise des Vorgehens von Fall zu Fall unter Berücksichtigung aller Verhältnisse geprüft werden muss. Zweifellos wird der Wert einer Anlage durch gute Ausbildung der Einzelheiten günstig beeinflusst, in der Hauptsache aber doch durch die zweckdienlichste Durchbildung der Gesamtanlage bestimmt.

Wirtschaftlichkeit der Wasserkraftwerke und eine neue Bauart von Turbinen und Pumpen grosser Leistungsfähigkeit.

Von W. Zuppinger, konsult. Ingenieur in Zürich.

I. Wirtschaftlichkeit der Wasserkraftwerke.

Die Maschinenanlage einer hydro-elektrischen Zentrale muss bekanntlich dem grössten Kraftbedarf im Winter während der Beleuchtungszeit Genüge leisten, gerade in dem Zeitpunkt, an dem die verfügbare Wassermenge in der Regel am kleinsten ist. Die mittlere Tagesleistung solcher Werke beträgt dann wegen der von ihnen zu liefernden Lichtspitzenkraft meist nur etwa 30 bis 50% jener maximalen Leistungsfähigkeit. Im Sommer ist gewöhnlich Wasser im Ueberfluss vorhanden, sodass dann der Ausnutzungskoeffizient noch viel schlechter wird, um so mehr als dann der Lichtbedarf viel geringer ist.

Durch elektrische Verbindung von Niederdruck- und Hochdruckanlagen (wie z. B. bei den Beznau-Löntsch-Werken) kann ein Hochdruckwerk mit genügend grossem Staubecken die Spitzenbelastung des Niederdruckwerkes übernehmen. Dadurch wird letzteres befähigt, seine Abgabe von konstanter Tageskraft zu vermehren, während das Hochdruckwerk dann um so weniger konstante Tageskraft abgeben kann, weil hier der Wasserzufluss begrenzt ist. Die Jahresproduktion solcher Hochdruckwerke ändert dadurch nicht, dagegen müssen ihre Maschinenanlagen um so leistungsfähiger sein, um in Zeiten von wenigen Stunden ebensoviel Kraft abgeben zu können wie vorher den ganzen Tag, d. h. sie werden unwirtschaftlich.

Durch den Ausbau neuer Hochdruckwerke für sog. *Winterkraft* können wir die Produktion elektrischer Energie wohl vermehren, aber nicht verbilligen. Wir sollen auch letzteres zu erreichen suchen und das ist nur möglich, wenn sowohl alte wie neue Niederdruckwerke möglichst vollständig ausgenutzt werden, was heute im allgemeinen nicht der Fall ist, weil das Wasser des Nachts, Mittags und an Feiertagen meist unbenutzt vorbeifliest.

Wohl finden in neuerer Zeit diese *Abfallkräfte*, die auch im Laufe des Tages beträchtlich sein können, gute Verwertung in der sich stark entwickelnden *elektro-chemischen Industrie*, für die sie sehr billig abgegeben werden. Solange Kraft im Ueberfluss vorhanden ist, ist dies zu begrüssen, aber bei Wassermangel im Winter könnten die Abfallkräfte weit vorteilhaftere Verwendung finden zugunsten der Allgemeinheit. Meines Erachtens sollte daher in *volkswirtschaftlichem Interesse* nötigenfalls die Stromabgabe an jene Industrien in den