**Zeitschrift:** Schweizerische Wasserwirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbautechnik, Wasserkraftnutzung, Schiffahrt

**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

**Band:** 20 (1928)

**Heft:** 4

**Artikel:** Die Verhütung schädlicher Kolke bei Sturzbetten [Schluss]

**Autor:** Rehbock, T.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-920473

**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:** 25.07.2025

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

# SCHWEIZERISCHE WASSERWIRTSCHAFT

**Offizielles Organ des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, sowie der Zentralkommission für die Rheinschiffahrt .·.·.·. Allgemeines Publikationsmittel des Nordostschweizerischen Verbandes für die Schiffahrt Rhein-Bodensee**

**ZEITSCHRIFT FÜR WASSERRECHT, WASSERBAUTECHNIK WASSERKRAFTNUTZUNG, SCHIFFAHRT**

Gegründet von Dr. O. WETTSTEIN unter Mitwirkung von a. Prof. HILGARD in ZÜRICH und Ingenieur R. GELPKE in BASEL

Verantwortlich für die Redaktion: Ing. A. HÄRRY, Sekretär des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, in ZÜRICH 1
Telephon Selnau 3111 .·.·.·. Telegramm-Adresse: Wasserverband Zürich.

Alleinige Inseraten-Annahme durch:
SCHWEIZER-ANNONCEN A. G. - ZÜRICH
Bahnhofstrasse 100 — Telephon: Selnau 5506
und übrige Filialen.
Insertionspreis: Annoncen 16 Cts., Reklamen 35 Cts. per mm Zeile
Vorzugsseiten nach Spezialtarif

Administration und Druck in Zürich 1, Peterstrasse 10
Telephon: Selnau 46.34
Erscheint monatlich
Abonnementspreis Fr. 18.— jährlich und Fr. 9.— halbjährlich
für das Ausland Fr. 3.— Portozuschlag
Einzelne Nummern von der Administration zu beziehen Fr. 1.50 plus Porto.

**No. 4** **ZÜRICH, 25. April 1928** **XX. Jahrgang**


## Inhaltsverzeichnis


Die Verhütung schädlicher Kolke bei Sturzbetten (Schluß) — Ueber das Verhältnis der konzessionierten Wasserrechte zu den Quellen- und Grundwasserrechten — Die Beteiligung des Kantons Basel-Stadt an der Kraftwerke Oberhasli A.-G. — — Schiffahrt und Kanalbauten — Wärmewirtschaft — Geschäftliche Mitteilungen — Wasserwirtschaftliche Literatur — Kohlen- und Oelpreise — Anwendungen der Elektrizität: Gas oder Elektrizität für unsere Küche — Die elektrischen Wärmeapparate an der schweizerischen Mustermesse 1928 in Basel — Betriebskosten-Vergleiche bei verschiedenen Heizarten — Elektrische Haushalt-Geschirr-Waschmaschine — Welches sind die besten Kochgeschirre? — Die Elektrotechnik an der Jahresschau Dresden 1928: „Die Technische Stadt".


## Die Verhütung schädlicher Kolke bei Sturzbetten.


Von Th. Rehbock, Karlsruhe.


(Schluß).

Wenn aus den Ergebnissen der Versuche für die Wehranlage Ryburg-Schwörstadt und aus ähnlichen ausgeführten Versuchen auch gefolgert werden kann, daß selbst eine im schießenden Wasser liegende Zahnschwelle auch unter ungünstigen Verhältnissen das Flußbett sicher vor schädlichen Auskolkungen unmittelbar vor dem Sturzbett zu schützen vermag, so empfiehlt es sich in den meisten Fällen — namentlich bei leicht angreifbaren Flußsohlen mit starkem Gefälle — trotzdem, die Anlagen so zu gestalten, daß sich eine Deckwalze über dem Sturzbett bildet, wenn dies nicht mit zu großen Schwierigkeiten und Kosten verbunden ist. Denn es ist erwünscht, dem Wasser die beim Absturz aufgenommene kinetische Energie zum Schutze des weiter abwärts gelegenen Flußbettes möglichst schnell und möglichst vollständig schon auf dem befestigten Sturzbett wieder zu entziehen.

Die Voraussetzung für das Entstehen einer Deckwalze ist das Auftreten eines Fließwechsels vom schießenden zum strömenden Abfluß, d. h. die Bildung eines Wechselsprunges. Denn nur über einem Wechselsprung kann sich eine Deckwalze bilden. Die Unterwassertiefe, die über dem Sturzbett mindestens vorhanden sein muß, um einen Wechselsprung zu erzeugen, läßt sich mit Hilfe des Stützkraftgesetzes[2]) in zuverlässiger Weise berechnen, wenn die Abflußmengen sowie die Geschwindigkeiten bezw. die Tiefen im schießenden Wasserstrom unterhalb des Stauwerkes bekannt sind.

Ist q die Abflußmenge auf 1 m Wehrlänge und $t_I$ die Tiefe des schießenden Wasserstromes unterhalb der Stauanlage, so berechnet sich die zur Erzeugung des Wechselsprunges erforderliche Unterwassertiefe $t_{II}$ zu:

$$1) \qquad t_{II} = \frac{t_I}{2}\left\{\sqrt{1 + \frac{8\,q^2}{g \cdot t_I^3}} - 1\right\}$$

Diese Formel entsteht, wenn die Stützkraft $S_{II}$ im Schnitt II, d. h. die Summe von Wasserdruck

[2]) J. B. Belanger: Essai sur le mouvement des eaux courantes. Paris 1828 und: Von der Bewegung des Wassers und den dabei auftretenden Kräften nach Arbeiten von Alexander Koch herausgegeben von Max Carstanjen. Julius Springers Verlag, Berlin 1926.

W und Bewegungsgröße (Impuls) B[3]) durch den strömenden Wasserstrom unterhalb des Wechselsprunges auf 1 m Flußbreite:

$$2) \qquad S_{II} = t_{II} \left(\frac{t_{II}}{2} + 2\, k_{II}\right) \gamma$$

der Stützkraft $S_I$ im Schnitt I durch das schießende Wasser oberhalb des Wechselsprunges:

$$3) \qquad S_I = t_I \left(\frac{t_I}{2} + 2\, k_I\right) \gamma$$

gleich gesetzt wird (Abb. 12).

Dadurch entsteht die Formel:

$$4) \qquad t_{II}^2 - t_I^2 = 4\,(t_I \cdot k_I - t_{II} \cdot k_{II}).$$

In diese Formel werden die Geschwindigkeitshöhen $k_I$ und $k_{II}$ im schießenden und im strömenden Wasserlauf oberhalb und unterhalb des Wechselsprunges:

$$5) \qquad k_I = \frac{\alpha_u \cdot q^2}{2g \cdot t_I^2} \quad \text{und} \quad k_{II} = \frac{\alpha_u \cdot q^2}{2g \cdot t_{II}^2},$$

in denen die gleichen Geschwindigkeitshöhen-Ausgleichwerte $\alpha_u$ eingeführt wurden, eingesetzt.

Es entsteht dadurch Formel:

$$6) \quad t_{II}^2 - t_I^2 = (t_{II} + t_I) \cdot (t_{II} - t_I) = \frac{2\,\alpha_u \cdot q^2}{g} \cdot \frac{t_{II} - t_I}{t_I \cdot t_{II}}$$

und durch Division durch $(t_{II} - t_I)$:

$$7) \qquad t_{II} + t_I = \frac{2 \cdot \alpha_u \cdot q^2}{g \cdot t_I \cdot t_{II}}$$

Durch Umbildung entsteht hieraus die quadratische Gleichung für $t_{II}$:

$$8) \qquad t_{II}^2 + t_{II} \cdot t_I - \frac{2 \cdot \alpha_u \cdot q^2}{g \cdot t_I} = 0,$$

aus der sich $t_{II}$ berechnet zu:

$$9) \quad t_{II} = -\frac{t_I}{2} \pm \sqrt{\frac{t_I^2}{4} + \frac{2 \cdot \alpha_u \cdot q^2}{g \cdot t_I}} = \frac{t_I}{2}\left\{\pm\sqrt{1 + \frac{8\alpha_u \cdot q^2}{g \cdot t_I^3}} - 1\right\}$$

Da $t_{II}$ ein positiver Wert sein muß, gilt das positive Vorzeichen vor dem Wurzelwert.

Die Verwendbarkeit dieser Formel wird dadurch erleichtert, daß die Geschwindigkeitshöhen-Ausgleichswerte $\alpha_u$, wie durch zahlreiche Beobachtungen festgestellt wurde, in dieser Formel ohne nennenswerten Fehler gleich 1,0 gesetzt, d. h. vernachlässigt werden können. Daß dies möglich ist, erklärt sich daraus, daß der Einfluß der Geschwindigkeitshöhen-Ausgleichswerte bei den entgegengesetzt wirkenden Stützkräften $S_I$ und $S_{II}$ sich gegenseitig etwa aufhebt, was darauf zurückgeführt werden kann, daß der Wert $\alpha_{uI}$ für den schießenden Wasserlauf infolge gleichmäßigerer Verteilung der Geschwindigkeiten kleiner ist als $\alpha_{uII}$ für den strömenden Abfluß unterhalb des Wechselsprunges, während die zugehörigen Geschwindigkeitshöhen sich umgekehrt verhalten und daß die Reibungskräfte zwischen den Schnitten I und II bei Ableitung von Formel 4) vernachlässigt wurden.

Durch Vernachlässigung von $\alpha_u$ entsteht aus Formel 9) die anfangs angegebene Formel 1) und aus dieser durch Einsetzen von g = 9,81 m/s² die nur für Metermaß gültige Formel:

$$10) \qquad t_{II} = \frac{t_I}{2}\left\{\sqrt{1 + \frac{q^2}{1{,}227 \cdot t_I^3}} - 1\right\}$$

Die Zuverlässigkeit dieser Formel, die keine unsicheren Beiwerte enthält, wurde in letzter Zeit wiederholt überprüft. In Karlsruhe wurden 1926 von Diplomingenieur Einwächter 9 Beobachtungen an Wechselsprüngen durchgeführt, bei denen Abweichungen vom Rechnungswert nach Formel 10) zwischen + 5,9 % und — 2,8 %, im Mittel aber nur Abweichungen von + 0,25 % festgestellt wurden. Anläßlich der Abfassung dieses Aufsatzes wurden im Sept. 1927 im Karlsruher Flußbaulaboratorium nochmals 13 verschiedene Abflußbilder mit Wechselsprüngen untersucht, um festzustellen, ob der Geschwindigkeitshöhen-Ausgleichwert $\alpha_u$ in Formel 9) tatsächlich vernachlässigt werden kann. Die angestellten Untersuchungen haben dies erneut erwiesen, denn das Ergebnis der ausgeführten einzelnen Messungen zeigte gegenüber den Berechnungswerten nach Formel 10) nur Abweichungen, die zwischen + 3,3 % und — 3,9 % lagen. Das Mittel aller 13 Beobachtungswerte war um den geringen Betrag von 0,56 % k l e i n e r als das Mittel der entsprechenden Formelwerte. Koch hat demgegenüber im Flußbaulaboratorium Darmstadt bei 8 vorgenommenen Versuchen, die für wesentlich grössere Abflußmengen durchgeführt wurden, Abweichungen zwischen + 3,1 % und — 3,8 % und im Mittel um 0,21 % g r ö ß e r e Unterwassertiefen beobachtet, als sie aus der Formel 10) hervorgehen.

Bei den angeführten 30 Beobachtungen lagen die Abweichungen der Beobachtungen vom Formelwert demnach in jedem Einzelfall unter 6,0 %. Die mittlere Abweichung der 32 Beobachtungen unter Berücksichtigung des Vorzeichens aber betrug nur — 0,11 %. Die geringen Größen dieser Abweichungen, die innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Ungenauigkeiten der Messung liegen, bestätigen die Zuverlässigkeit der Stützkraftformel und die Zulässigkeit der Vernachlässigung der Geschwindigkeitshöhen-Ausgleichwerte bei ihrer Verwendung. Infolge dieser Vereinfachung bildet die Stützkraftformel ein äußerst wertvolles Hilfsmittel der praktischen

[3]) Die Bewegungsgrösse B ist Masse mal mittlere Geschwindigkeit. Für die Abflußbreite b ist:

$$B = m \cdot u = \frac{b \cdot t \cdot \gamma \cdot u}{g} \cdot u = 2\,b \cdot t\, \frac{u^2}{2g} \cdot \gamma = 2\,b \cdot t \cdot k \cdot \gamma$$

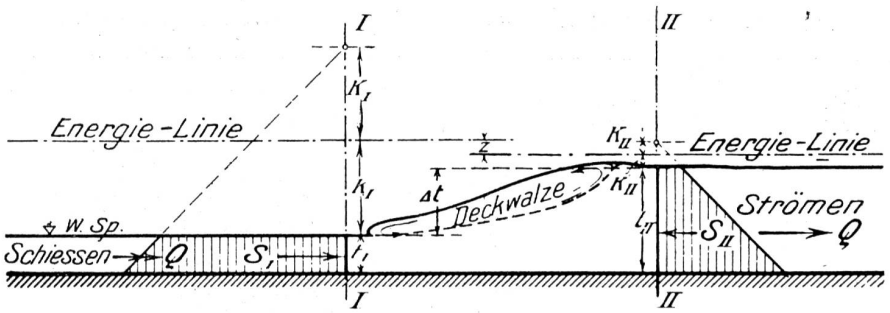


Abb. 12. Darstellung des Wechselsprunges mit Deckwalze. (Die schraffierten Flächen kennzeichnen die Stützkräfte.)

Hydraulik, das in vielen Fällen wertvolle Dienste leisten kann.[4])

Ist die nach Formel 10) berechnete Tiefe $t_{II}$ im Unterwasser einer Stauanlage tatsächlich vorhanden, so bildet sich von selbst ein Wechselsprung aus. In einem solchen Wechselsprung muß eine Energiemenge $\triangle E$ dem Wasserstrom entzogen, d. h. in Wärme - Energie umgewandelt werden, deren Größe für 1 m Strombreite sich aus der Senkung z der Energielinie zwischen den Schnitten I und II (Abb. 12):

$$11)\quad z = t_I + k_I - t_{II} - k_{II} = t_I - t_{II} + \frac{q^2}{2g}\left(\frac{\alpha_{uI}}{t_I^2} - \frac{\alpha_{uII}}{t_{II}^2}\right)$$

zu:

$$12)\quad \triangle E = q \cdot \gamma \cdot z = q \cdot \gamma \cdot \left\{ t_I - t_{II} + \frac{q^2}{2g}\left(\frac{\alpha_{uI}}{t_I^2} - \frac{\alpha_{uII}}{t_{II}^2}\right)\right\}$$

berechnet.

Durch Einsetzung des Wertes von $t_{II}$ aus Formel 10) und bei Vernachlässigung der Geschwindigkeitshöhen-Ausgleichswerte wird hieraus:

$$13)\quad \triangle E = q \cdot \gamma \cdot \frac{t_I}{2}\left\{ 3 - \sqrt{1 + \frac{q^2}{1{,}227 \cdot t_I^3}} + \frac{q^2}{g \cdot t_I^3} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{2}{\sqrt{1 + \frac{q^2}{1{,}227 \cdot t_I^3}} - 1} \right)^2 \right] \right\}$$

Nur bei kleinen Sprunghöhen $\Delta t = t_{II} - t_I$ genügt zur Vernichtung dieser Energiemenge die Reibung an den Wandungen des Bettes, im Wasserstrom und in den sich unmittelbar unterhalb des Wechselsprunges bildenden Wellen. In diesem Fall, der gewöhnlich vorliegt, wenn $t_{II}$ kleiner ist als $t_I$, fehlt eine Deckwalze. In allen Fällen aber, in denen die Wassertiefen oberhalb und unterhalb des Wechselsprunges erheblich von der Grenztiefe[5]):

$$14)\quad t_{Gr} = \sqrt[3]{\frac{\alpha_u \cdot q^2}{g}}$$

abweichen, ist die Energiemenge $\triangle E$, die dem Wasserstrom entzogen werden muß, von beträchtlicher Größe. Zur Vernichtung dieser Energie bilden sich über dem Wechselsprung Deckwalzen, in denen auch große Mengen mechanischer Energie dem Wasser entzogen, d. h. in Wärme umgewandelt werden können.

Zur Berechnung der Unterwassertiefe $t_{II}$, die zur Erzeugung eines Wechselsprunges und damit des Ueberganges vom schießenden zum strömenden Abfluß erforderlich ist, braucht nach dem Gesagten außer der Abflußmenge q nur die Tiefe $t_I$ des schießenden Wasserstromes oberhalb des Wechselsprunges bekannt zu sein.

Die Abflußmenge q wird aus dem mit den Methoden der Wassermessung bestimmten Gesamtabfluß Q durch Division mit der Abflußbreite b berechnet.

Zur Bestimmung der Tiefe des Wasserstromes $t_I$ würde am besten das Maß $H_I$ der Höhe der Energielinie über der Sohle des Ablaufgerinnes (Sturzbettes) im Schnitt I unmittelbar oberhalb des Wechselsprunges Verwendung finden. Da dieses Maß aber nur schwer festzulegen ist, kann bei der Berechnung von $t_I$ von der Höhenlage $H_0$ der Energielinie über der Höhe des Sturzbettes oberhalb des Stauwerkes (Abb. 13 und 14) ausgegangen werden, die sich meist leicht zuverlässig bestimmen läßt. Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß der Wert $H_0$ größer als der richtige Wert $H_I$ dicht oberhalb des Wechselsprunges ist, da die Energielinie sich infolge von Reibungsverlusten zwischen den Schnitten 0 und I beim Abfluß des Wassers unter den Schützen hindurch oder über die Wehre hinüber senkt. Dem zu großen Wert $H_0$ entspricht eine zu große mittlere Abflußgeschwindigkeit $u_I$ und eine zu kleine Wassertiefe $t_I$. Der gemachte Fehler kann durch Einführung eines Korrektionsfaktors $\varphi_0$ ausgeglichen werden.

[4]) Ohne nennenswerte Abweichungen im Ergebnis kann die Formel (10) ersetzt werden durch die erheblich bequemere Formel:

(10a) $\quad t_{II} = 0{,}45\ (u_I \cdot \sqrt{t_I} - t_I)$

worin $u_I = 9 : t_I$ ist. Für $t_{II} > 2\ t_I$, d. h. für alle Wechselsprünge mit Deckwalze, sind die Abweichungen gegen Formel 10) kleiner als $^1/_2$ %.

Die Sprunghöhe ergibt sich aus Formel 10 a) zu:

$$\Delta t = 0{,}45 \cdot u_I \cdot \sqrt{t_I} - 1{,}45\ t_I.$$

[5]) Th. Rehbock, Abfluss, Stau und Walzenbildung in fliessenden Gewässern. Berlin (Julius Springer) und Zürich (Rascher & Cie.) 1917. S. 5.

Für die Berechnung der Tiefe $t_I$ des schießenden Wasserstromes kann dann die Formel:

$$15)\quad q = t_I \cdot u_I = t_I \cdot \varphi_0 \sqrt{\frac{2g}{\alpha_u}(H_0 - t_I)} = t_I \cdot \varphi \cdot \sqrt{2g\,(H_0 - t_I)}$$

verwendet werden, wobei die beiden Beiwerte vereinigt sind, indem gesetzt wurde:

$$16)\quad \varphi = \frac{\varphi_0}{\sqrt{\alpha_u}}$$

Aus Gleichung 15) ergibt sich für $t_I$ die Gleichung dritten Grades:

$$17)\quad t_I^3 - t_I^2 \cdot H_0 + \frac{q^2}{\varphi^2 \cdot 2g} = 0$$

In der Bestimmung des Beiwertes $\varphi$ liegt die einzige Unsicherheit in der Berechnung der Wassertiefe $t_I$ oberhalb des Wechselsprunges und daher auch der zur Erzeugung eines Wechselsprunges erforderlichen Unterwassertiefe $t_{II}$. Eine theoretische Bestimmung des Wertes $\varphi$ ist nicht möglich. Dieser Wert läßt sich nur durch Beobachtungen festlegen, wozu außer Messungen an ausgeführten Anlagen zweckmäßig auch Beobachtungen an Modellen Verwendung finden können. Es ist dabei eine getrennte Bestimmung der $\varphi$-Werte für den Durchfluß unter Schützen (Beiwert $\varphi_s$) und für den Abfluß über Wehre (Beiwert $\varphi_w$) erforderlich. Die Bestimmung der $\varphi$-Werte wird dadurch erschwert, daß ihre Größe sehr wesentlich durch die Rauhigkeit der Sturz- und Abschußböden beeinflußt wird.

Beim Abfluß unter Schützen durch Oeffnungen von nicht zu geringer Höhe s (Abb. 13) liegt bei einem glatten Abschußboden der Wert $\varphi_s$ nur wenig unter 1,0.

Bei Versuchen im Karlsruher Flußbaulaboratorium wurden Werte $\varphi_s$ bis über 0,99 gefunden. Diese Werte nehmen aber bei abnehmender Durchflußhöhe und bei zunehmender Rauhigkeit des Abschußbodens schnell ab. Sie können bis unter 0,9 hinuntergehen.

Ein anderes Mittel zur Bestimmung der Stärke des schießenden Wasserstromes $t_I$ dicht unterhalb eines Schützes an der Stelle der tiefsten Lage des Wasserspiegels ist die Berechnung aus der Höhe der Durchflußöffnung s unter dem Schütz mit Hilfe des Kontraktionsbeiwertes $\psi$ mit Formel

$$18)\quad t_I = \psi \cdot s.$$

Die Höhe der Durchflußöffnung s unter einem Schütz läßt sich aus der Hubhöhe des Schützes über seine tiefste Lage bei völlig geschlossener Schützöffnung bestimmen. Der Kontraktionsbeiwert für ein Schütz mit völlig scharfer Staukante, der nach Helmholtz theoretisch zu 0,61 berechnet wurde, nimmt, wie Versuche gezeigt haben, mit steigender Oberwassertiefe rasch von 1,0 für den freien Abfluß unter dem Schütz auf einen nahezu konstanten Wert ab, der zwischen 0,66 und 0,63 liegt.

Im Mittel kann für ein scharfkantiges Schütz mit guter Annäherung:

$$19)\quad t_I = 0{,}645 \cdot s$$

gesetzt werden. Für unten abgerundete Schützen werden die Kontraktionsbeiwerte erheblich größer. Diese Werte müssen in jedem einzelnen Fall durch Versuche bestimmt werden.

Beim Abfluß über Ueberfallwehre mit geneigten Abschußböden (Abb. 14) liegt der Wert $\varphi_w$ in Formel 17, fast stets unter 0,9, welcher Wert nur bei einer ganz glatten Ausbildung des geneigten Abschußbodens und des anschließenden wagrechten Sturzbodens sowie bei großen Ueberfallhöhen $h_0$ erreicht wird. Bei rauher Ausbildung der Oberflächen des Abschuß- und Sturzbodens und kleinen Ueberfallhöhen fällt der Wert $\varphi_w$ aber erheblich unter diesen Höchstwert. Bei Modellversuchen wurden Werte $\varphi_w$ abwärts bis zu 0,5 gefunden, die wohl unter Umständen noch unterschritten werden können.

Mit Hilfe der $\varphi$-Werte läßt sich die Tiefe $t_I$ des schießenden Wasserstromes aus q und $H_0$ mit Formel 17) und aus dem gefundenen Wert von $t_I$ der gesuchte Wert $t_{II}$ im strömenden Unterwasser mit Formel 10) berechnen.

Liegt das Sturzbett um das Maß $t_{II}$ unter dem Unterwasserspiegel, so ist das Auftreten eines Wechselsprunges und wenn der Wechselsprung

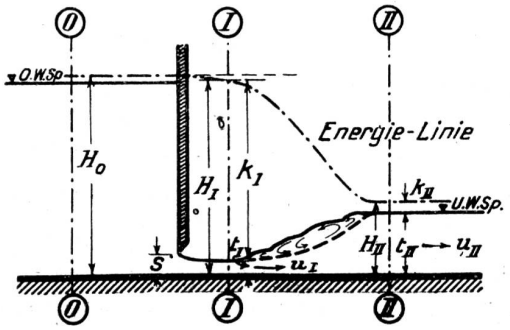


Abb. 13. Schematische Darstellung des Durchflusses durch ein Schütz mit Wechselsprung.

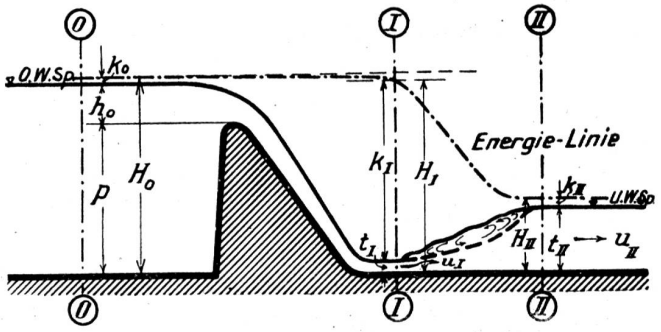


Abb. 14. Schematische Darstellung des Abflusses über ein festes Wehr mit Wechselsprung unterhalb des Wehrfusses.

die Höhe $t_I$ überschreitet, die Bildung einer Deckwalze zu erwarten. Unterhalb eines Wechselsprunges aber erfolgt der Abfluß stets strömend, selbst wenn keine Deckwalze entstehen sollte.

Für ein ebenes, wagerechtes Sturzbett läßt sich auch die Lage der Stelle berechnen, an welcher der Wechselsprung auftritt. Diese Stelle liegt dort, wo sich die Energielinie im schießenden Wasserstrom oberhalb des Wechselsprunges der Energielinie im strömenden Unterwasser so weit genähert hat, daß die Formel 10) erfüllt wird, was dann der Fall ist, wenn der Abstand der beiden Energielinien dem Maß z nach Formel 11) entspricht. Die Energielinie im schießenden Wasserstrom ist dabei stromabwärts fortschreitend, diejenige im strömenden Unterwasser, die nur von der Form des Bettes unterhalb abhängt, stromaufwärts fortschreitend nach den Formeln für den ungleichförmigen Abfluß festzulegen.

Liegt an einem betrachteten Schnitt II durch das Flußbett das Sturzbett um weniger als dem nach Formel 10) berechneten Wert $t_{II}$ unter dem Wasserspiegel, so entsteht oberhalb des Schnittes II kein Wechselsprung. Der Wechselsprung bildet sich dann entweder überhaupt nicht aus, was dann der Fall ist, wenn das Gefälle des unterhalb anschließenden Flußbettes den schießenden Normalabfluß hervorruft, oder aber erst unterhalb des Schnittes II an derjenigen Stelle, an der die Wassertiefe im schießenden Wasserstrom soweit zugenommen und infolge dessen die aus Formel 10) berechnete Tiefe $t_{II}$ soweit abgenommen hat, daß sie der tatsächlich vorhandenen Tiefe im Flußbett entspricht.

Ist aber die Wassertiefe in einem untersuchten Schnitt größer, als die für ihn nach Formel 10) berechnete Tiefe $t_{II}$, so wandert ein sich bildender Wechselsprung im Flußbett weiter stromaufwärts bis zu derjenigen Stelle, an der die Bedingung der Formel 10) erfüllt wird. Bei hohen Unterwassertiefen reicht dann unter Umständen die Deckwalze bis zum Schütz, oder sie überdeckt bei Wehren den Fuß des fallenden Strahles schon auf dem Abschußboden. In diesem Fall hat die Formel 10) keine strenge Gültigkeit mehr, weil die zu ihrer Ableitung verwendete Stützkraft $S_I$ durch die Deckwalze beeinflußt wird.

Liegt dieser Fall vor, so ist eine Hebung des Sturzbettes zulässig. Doch muß dabei darauf geachtet werden, daß nicht etwa das Wasser beim Abfluß von dem Sturzbett auf die tiefer liegende Flußsohle erneut zu schießen beginnt.

* * *

Zusammenfassend kann gesagt werden:

1. Um dem schießenden Wasserstrom, der beim Durchfluß unter Schützen und beim Absturz über Wehre entsteht, den bei der Senkung des Wasserspiegels aufgenommenen Ueberschuß an kinetischer Energie möglichst schnell und vollständig zu entziehen, ist es zweckmäßig, das Sturzbett so tief unter dem Unterwasserspiegel anzuordnen, daß auf ihm ein Wechselsprung entsteht. Die hierzu erforderliche Höhenlage eines wagerechten Sturzbettes unter dem Unterwasserspiegel läßt sich rechnerisch mit Hilfe des Stützkraftsatzes bestimmen. Eine Ueberprüfung durch Modellversuche bleibt erwünscht.

2. Es ist unbedenklich, wenn das Sturzbett zur Erzielung eines Wechselsprunges über ihm tiefer gelegt wird, als die anschließende Flußsohle. Die Flußsohle kann dann vor dem befestigten Sturzbett zu der Höhe des Sturzbettes mit stromaufwärts fallender Uebergangsfläche gesenkt werden.

3. Zur Verringerung der erforderlichen Sturzbettbreite und zum Schutz der an das Sturzbett anschließenden unbefestigten Sohle empfiehlt es sich, auch beim Auftreten einer Deckwalze über dem Sturzbett am Ende des Sturzbettes eine Vorrichtung anzubringen, welche die Abflußgeschwindigkeiten unmittelbar über der Sohle verringert. Dies ist deshalb erwünscht, weil dem Wasserstrom die Energie durch die Deckwalze von der Oberfläche her entzogen wird, wobei die Sohlengeschwindigkeiten am wenigsten verkleinert werden, so daß sie in einem lotrechten Schnitt durch den Wasserstrom stromabwärts von einer Deckwalze sogar die mittlere Geschwindigkeit übertreffen können.

4. Als eine geeignete Vorrichtung zur Minderung der Sohlengeschwindigkeiten hat sich die Anbringung einer Zahnschwelle am unteren Ende des Sturzbettes im Modellversuch und in der Wirklichkeit bewährt. Ohne die Abwanderung der Sinkstoffe über das Sturzbett zu behindern, lenkt eine solche Schwelle die größten Abflußgeschwindigkeiten nach der Wasseroberfläche hin ab; sie erzeugt dadurch unterhalb des Sturzbettes kleine Sohlengeschwindigkeiten und unmittelbar unterhalb des Sturzbettendes sogar stromaufwärts gerichtete Grundströmungen. Die Zahnschwelle verhindert infolgedessen Auskolkungen der Sohle unmittelbar vor dem Sturzbett vollständig, sie verringert zugleich die durch das strömende Wasser hervorgerufene größte Kolktiefe auf einen Bruchteil der sonstigen Größe und verschiebt den Kolk stromabwärts an eine das Stauwerk nicht gefährdende Stelle.

5. Läßt sich der strömende Abfluß wegen der hohen Kosten eines genügend tief liegenden Sturzbettes über diesem nicht erzielen, so treten beim Fehlen einer schützenden Schwelle schon unmit-

telbar am Ende des Sturzbettes Kolke auf, welche das Sturzbett an seinem stromabwärts gerichteten Ende freilegen und gefährden. Durch die Anbringung einer Zahnschwelle werden diese Auskolkungen verringert und stromabwärts vom Sturzboden fort an unschädliche Stellen verschoben. Auch im schießenden oder mit gewellter Oberfläche abfließenden Wasserstrom läßt sich dadurch ein sicherer Schutz des Sturzbettes bei allen Wasserführungen und Gefällen erzielen, ohne daß es nötig ist, Herdmauern, Spundwände, Steinschüttungen und andere Sohlensicherungen anzubringen.

---

## Ueber das Verhältnis der konzessionierten Wasserrechte zu den Quellen- und Grundwasserrechten.

B. W. Das zürcherische Obergericht (1. Kammer) hat im Herbst des letzten Jahres einen Entscheid gefällt, der für die rechtliche Stellung des Wasserrechtskonzessionärs von großer Bedeutung ist. Dem Falle lag folgender Tatbestand zugrunde: Eine zürcherische Gemeinde kaufte ein Grundstück, auf dem zwei Quellen entspringen, mit dem Zwecke, das Quellwasser zu fassen und für die Versorgung der Gemeinde abzuleiten. Die Quellen bilden Zuflüsse eines Gewässers, an dem mehrere Inhaber von Webereien Wasserkraftnutzungsrechte besitzen. Diese erhoben Einsprache gegen die Ableitung, weil dadurch ihr Nutzungsrecht beschränkt wird. Bevor der Gemeinde die Konzession zur Ableitung des Quellwassers erteilt werden konnte, mußten diese Einsprachen im gerichtlichen Verfahren erledigt werden. Die Konzessionäre stellten sich auf den Standpunkt, daß ihr Recht sich nicht nur auf den oberirdischen Wasserlauf erstrecke, sondern auch auf die Grundwasserströme und damit auf die Quellen im Stromgebiet ihres Wasserlaufes. Artikel 137bis des zürcherischen Einführungsgesetzes zum ZGB erkläre die Grundwasserströme als öffentliche Gewässer, womit auch die Quellen erfaßt seien. — Das Gericht hat diesen Standpunkt nicht geschützt, sondern die Ableitung als rechtmäßig erklärt. Zur Begründung wurde angeführt: ZGB und Einführungsgesetz sähen eine verschiedene Behandlung von Grundwasserströmen und Quellen vor. Durch die Oeffentlicherklärung der ersteren seien die letzteren nicht erfaßt worden, sondern im privaten Machtbereich des Grundeigentümers verblieben. Dieser könne darüber innert der Schranken der Rechtsordnung frei verfügen. Eine Beschränkung dieses Rechtes zugunsten der weiter unten liegenden Nutzungsberechtigten sei weder im Einführungsgesetz noch im ZGB vorgesehen. Die Konzession gebe den Nutzungsberechtigten zwar das Recht, das Wasser des betreffenden Baches in einem bestimmten Umfange zu benutzen; dieses erstrecke sich aber nur auf das Wasser, das jeweilen vorhanden sei, eine Gewähr dafür, daß ein bestimmtes Quantum Wasser auch wirklich zufließe, liege nicht darin, es stehe ihnen nur zu, von der jeweilen vorhandenen Wasserkraft einen bestimmten Teil zu gebrauchen. Hört der Wasserlauf auf, z. B. infolge großer Trokkenheit, so müssen die Konzessionäre es hinnehmen, und ebenso müssen sie es hinnehmen, wenn der Bach ihnen deswegen weniger Wasser zuführt, weil die Grundeigentümer von ihrem Eigentumsrecht Gebrauch machen und ihr Quellwasser anderswohin leiten. Nur dann würde das anders sein, wenn ein Privatrecht darauf bestände, daß die Quellen in den Bach der Konzessionäre geleitet würden.

Dieser Entscheid gibt zu verschiedenen Bedenken Anlaß. Einmal ist der rechtlichen Stellung des Konzessionärs zu wenig Rechnung getragen, wenn in der Begründung gesagt wird, diesem sei keine Gewähr dafür gegeben, daß ihm eine bestimmte Wassermenge auch wirklich zufließe. Dem ist entgegenzuhalten, daß in der Verleihung der Umfang des Nutzungsrechtes nach Wassermenge, Gefälle etc. genau umschrieben und geschützt ist. (WRG Art. 43 und 54.) Daß trotzdem im vorliegenden Falle eine Ableitung von Wasser zuungunsten des Klägers möglich ist, liegt nicht an der Unvollständigkeit des verliehenen Nutzungsrechtes, sondern daran, daß das Recht des Grundeigentümers vorgeht. Das ergibt sich aus WRG Art. 45: «Durch die Verleihung werden die Privatrechte (in diesem Falle das Eigentumsrecht) Dritter nicht berührt.» Es zeigt sich hier, daß das Recht des Beliehenen ein subjektives öffentliches Recht ist, das nur soweit reicht, als die rechtliche Macht des Verleihers (Staates), d. h. soweit das Gewässer öffentlich ist. Will sich der Konzessionär gegen solche Quellableitungen schützen, so muß er sich ein Privatrecht an der Quelle verschaffen (Eidg. Grundstückservitut gemäß ZGB 704 II.) Daß nun die Quellen durch Art. 137 bis*) des zürcherischen Einführungsgesetzes nicht als öffentliche Gewässer erklärt werden, ist richtig, trotzdem diese verschiedene, rechtliche Behandlung beim heutigen Stande der Grundwasserforschung nicht mehr angemessen ist. Vergl. dazu Beilick, die Entwicklung des zürcherischen Grundwasserrechtes in der letzten Nummer der «Schweiz. Wasserwirtschaft», vom 25. März 1928.

Anders liegen die Verhältnisse bei den Grundwasserströmen, soweit sie von Art. 137 bis erfaßt werden. Diese sind öffentlich, unterstehen also nicht dem Grundeigentümer, sondern direkt dem Kanton. Sie können nur auf Grund einer staatlichen Verleihung genutzt werden, und diese unterscheidet sich rechtlich nicht von derjenigen des Konzessionärs am oberirdischen Gewässer. Die rechtliche Einheit ist also für diese beiden Teile des Wasserbestandes hergestellt. Die Quellen allein machen eine Ausnahme. Der Benutzer des oberirdischen Teiles des Wassers hat heute also einen Anspruch auf das Ganze und kann verlangen, daß die ihm in der Verleihung zugesprochene Wassermenge nicht durch nachträgliche Konzessionen beeinträchtigt werden. Enthält die Konzession über diesen Punkt keine nähern Bestimmungen, wie häufig bei alten Wasserrechten, so hat er Anspruch auf die Wassermenge, die er bis anhin genutzt hat. Eine Erweiterung der Quantität tritt also nicht ein. In diesem Sinne ist ihm also die Gewähr für einen bestimmten Zufluß gegeben.

Der Anspruch des Konzessionärs kann vor den ordentlichen Gerichten und in letzter Instanz vor Bundesgericht geltend gemacht werden, gestützt auf WRG. Art. 71. Es liegt eine «Streitigkeit über die aus dem Verleihungsverhältnis entspringenden Rechten und Pflichten» im Sinne dieses Artikels vor, da der Verleiher (Staat) die Pflicht hat, das subjektive Recht des Konzessionärs am öffentlichen Gewässer zu gewährleisten. — Liegt die Nutzung des Grundwassers im öffentlichen Interesse, wie z. B. bei Trinkwasserversorgungen, so ist der Konzessionär für den Wasserentzug zu entschädigen. WRG. Art. 43 Abs. 2 sagt: «Das einmal verliehene Nutzungsrecht kann nur aus Gründen des öffentlichen Interesses und gegen volle Entschädigung zurückgezogen oder geschmälert werden.»

Durch die Oeffentlicherklärung des Grundwassers gemäß Einführungsgesetz Art. 37 bis ist also die rechtliche Stellung des Wasserrechtskonzessionärs wesentlich verbessert worden, was bei den neuesten Fortschritten in der Nutzbarmachung der Grundwasser völlig gerechtfertigt ist. Ohne sie wäre sein Recht je länger je mehr durch die sich mehrenden Grundwasserfassungen gefährdet. Die neuern Grundwasserforschungen haben gezeigt, daß der Wasserbestand einer Gegend ein zusammenhängendes Ganzes bildet, bei dessen Nutzung eine einheitliche, rechtliche Regelung unbedingtes Erfordernis ist.

---

*) Art. 137 bis. Grundwasserströme und Grundwasserbecken von einer mittleren Stärke von 300 lit./min. werden als öffentliche Gewässer erklärt.

Wird jedoch einem solchen Grundwasserstrom oder -becken lediglich Wasser für den häuslichen oder landwirtschaftlichen oder gewerblichen Kleinbedarf entnommen, so ist eine staatliche Verleihung nicht erforderlich.

Der Regierungsrat bezeichnet die öffentlichen Grundwasserströme und -becken.