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

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 20 (1928)

Heft: 3

Artikel: Die Verhütung schädlicher Kolke bei Sturzbetten

Autor: Rehbock, T.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-920470

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: 27.07.2025

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. 3 **ZÜRICH, 25. März 1928** **XX. Jahrgang**

Inhaltsverzeichnis

Die Verhütung schädlicher Kolke bei Sturzbetten — Die Regulierung der Seen (Schluß) — Statistik der elektrischen Wärmeapparate für den Haushalt in der Schweiz im Jahre 1927 — Die Entwicklung des Zürcherischen Grundwasserrechts — Ausfuhr elektrischer Energie — Wasserkraftausnutzung — Schiffahrt und Kanalbauten — Wasserbau und Flußkorrektionen — Elektrizitätswirtschaft — Verschiedene Mitteilungen — Geschäftliche Mitteilungen — Wasserwirtschaftliche Literatur — Kohlen- und Oelpreise.

Die Verhütung schädlicher Kolke bei Sturzbetten.

Von Th. Rehbock, Karlsruhe.

Der Aufsatz zeigt auf Grund der Modellversuche Dr. Lüschers und von Versuchen im Karlsruher Flußbaulaboratorium, wie stark die Sohlenauskolkungen bei Wehren durch Anbringung einer Zahnschwelle am Sturzbettende verringert werden können. Weiter wird nachgewiesen, daß diese günstige Wirkung der Zahnschwelle auch im schießenden Wasserstrom erzielt wird.

Die zur Erzeugung eines Wechselsprungs erforderliche Höhenlage des Sturzbettes wird mit Hilfe des Stützkraftsatzes aus der Tiefe des schießenden Wasserstromes berechnet. Es wird ferner der Nachweis erbracht, daß die Höhe des Wechselsprunges mit Hilfe des Stützkraftsatzes auf Bruchteile eines Hundertstel genau berechnet werden kann.

Auf kaum einem anderen Gebiet des Wasserbaues hat sich der Ingenieur seither so unsicher gefühlt, als bei dem Entwurf von Sturzbetten. Der Verfasser hat dies besonders empfunden, als er 1910 die Herausgabe des Bandes „Stauwerke" des Handbuches der Ingenieurwissenschaften übernahm und in dem von ihm verfaßten Kapitel über feste Wehre die Gestaltung der Sturzbetten zu besprechen hatte. Seit jener Zeit sind allerdings wesentliche Fortschritte im Entwerfen von Sturzbetten gemacht worden, die zum Teil durch die bei der Anlage zahlreicher neuer Wehre gewonnenen Erfahrungen, zum Teil durch die Nutzbarmachung des Modellversuches für die Gestaltung der Sturzbetten erzielt wurden.

Das Karlsruher Flußbaulaboratorium hat sich besonders mit Versuchen über die Ausbildung von Sturzbetten bei Wehren und Talsperren beschäftigt. In ihm wurden zahlreiche Versuche zur Klärung des Abflußproblems bei Sturzbetten durchgeführt und eine große Zahl von Entwürfen von Sturzbetten für Wehranlagen in Deutschland, aber auch für ausländische Anlagen in den Niederlanden, in Frankreich, in Spanien, in Italien, in der Schweiz, in Kleinasien und in Peru im Modell überprüft. Bei diesen Versuchen wurde namentlich die zweckmäßigste Höhenlage und die erforderliche Breite der Sturzbetten festgestellt und in der Zahnschwelle — einer mit stromaufwärts gerichteten Zähnen versehenen durchlaufenden Dachschwelle — ein wirksamer Abschluß des Sturzbettes gefunden, der das Auftreten schädlicher Auskolkungen im ungeschützten Flußbett unterhalb des befestigten Sturzbodens sicher verhütet. Der Verfasser hat hierüber erstmals in der Festschrift der Technischen Hochschule zu Karlsruhe anläßlich ihres 100jährigen Bestehens im Jahre 1925 unter dem Titel: „Die Bekämpfung der Sohlenauskolkung bei Wehren durch Zahnschwellen" berichtet [1]).

[1]) Abgedruckt auch in Zeitschrift des V. D. I. 1925 Nr. 44 und Schweizer. Bauzeitung 1926, Band 87, Nr. 3 und 4.

In neuester Zeit ist die Wirkung der Zahnschwelle auch von anderer Seite verschiedentlich experimentell untersucht worden, und Dr. Lüscher in Aarau hat kürzlich ausführlich über von ihm angestellte Modellversuche an Sturzbetten ohne und mit Zahnschwelle berichtet.

Eine wichtige Förderung hat das Entwerfen von Sturzbetten auch durch die Verwendung des von Koch in das wasserbauliche Versuchswesen eingeführten Stützkraftsatzes erfahren, den Dr. Carstanjen in seinem wertvollen Buch: „Von der Bewegung des Wassers und den dabei auftretenden Kräften nach den Arbeiten von Staatsrat Dr. Ing. E. h. Alexander Koch“ [2]) besprochen hat.

Diese beiden neuen Arbeiten haben den Verfasser veranlaßt, sich im nachfolgenden Aufsatz nochmals mit der Frage der Kolkverhütung bei Sturzbetten zu beschäftigen.

*

In Nr. 7 des Jahrganges 1927 der Schweizerischen Wasserwirtschaft hat Dr. G. Lüscher in einem Aufsatz mit dem Titel:

„Ueber Versuche mit Rehbock's chen Zahnschwellen“

Mitteilungen über eine Reihe von ihm durchgeführter Modellversuche gemacht, die er anstellte, um die kolkverhütende Wirkung der Zahnschwellen bei wagrechten Sturzbetten zu untersuchen.

Dr. Lüscher hat das Ergebnis seiner Versuche in 12 Längenschnitten zusammengefaßt, welche die Art des Abflusses unter den Schützen eines Wehres hindurch und die durch das Wasser dabei verursachten Kolkbildungen zeigen. Diese Abbildungen seien aus dem Aufsatz von Dr. Lüscher zum Verständnis der folgenden Ausführungen als Abb. 1 nochmals wiedergegeben.

Diese lehrreichen Längenschnitte sind in 4 Gruppen (a bis d) zusammengefaßt, bei denen die Durchflußöffnungen 4, 3, 2 und 1,2 cm hoch gewählt waren. Dies entspricht bei einem angenommenen Maßstab des Modelles von 1:50, der schon beträchtliche natürliche Verhältnisse ergibt, Durchflußöffnungen von 2,0 m, 1,5 m, 1,0 m bezw. 0,6 m Höhe. Auf die natürlichen Verhältnisse umgerechnet, schwankten die Oberwassertiefen bei den Versuchen zwischen 15,0 m und 11,75 m, die Unterwassertiefen zwischen 9,0 m und 3,25 m, die Durchflußmengen zwischen 26,16 cbm/s und 7,07 cbm/s auf 1 Meter Wehrlänge.

Gleichwertige Versuche ohne und mit Zahnschwelle mit gleichen Wassertiefen und Abflußmengen sind nur bei den Versuchsgruppen a und c vorgenommen worden, doch bietet auch die Gruppe b brauchbare Vergleichswerte, da bei ihr nur die Oberwassertiefe und die Durchflußmenge bei dem Versuch mit Zahnschwelle um kleine Beträge von 2 % größer gewählt wurden als bei dem Versuch ohne Zahnschwelle. Bei Versuchsgruppe d war die Oberwassertiefe und die Unterwassertiefe bei dem Versuch mit Zahnschwelle um 25 % bezw. 57 % größer als bei dem Versuch ohne Zahnschwelle, so daß der Vergleich der Versuchsergebnisse nicht möglich ist.

Die drei allein einwandfrei vergleichbaren Versuche a_1 und a_2, b_1 und b_2 sowie c_1 und c_2 der beiden ersten Versuchsreihen zeigen übereinstimmend eine so hohe Lage des Unterwasserspiegels über dem Sturzbett, daß eine standfeste Deckwalze auftrat. Bei den Versuchen ohne Zahnschwellen (Versuchsreihe 1) wurden Auskolkungen festgestellt, deren Tiefe etwa der Höhe der Durchflußöffnungen unter dem Schütz entspricht, während bei den Versuchen mit Zahnschwellen (Versuchsreihe 2) die Kolke bei allen drei Versuchsgruppen weniger als 1/5 dieser Tiefen erreichten. Bei dem Versuch d_2 mit Zahnschwelle ist ein Kolk überhaupt nicht wahrnehmbar.

Das Ergebnis dieser Versuche entspricht den

[2]) Berlin. Verlag Julius Springer. 1926.

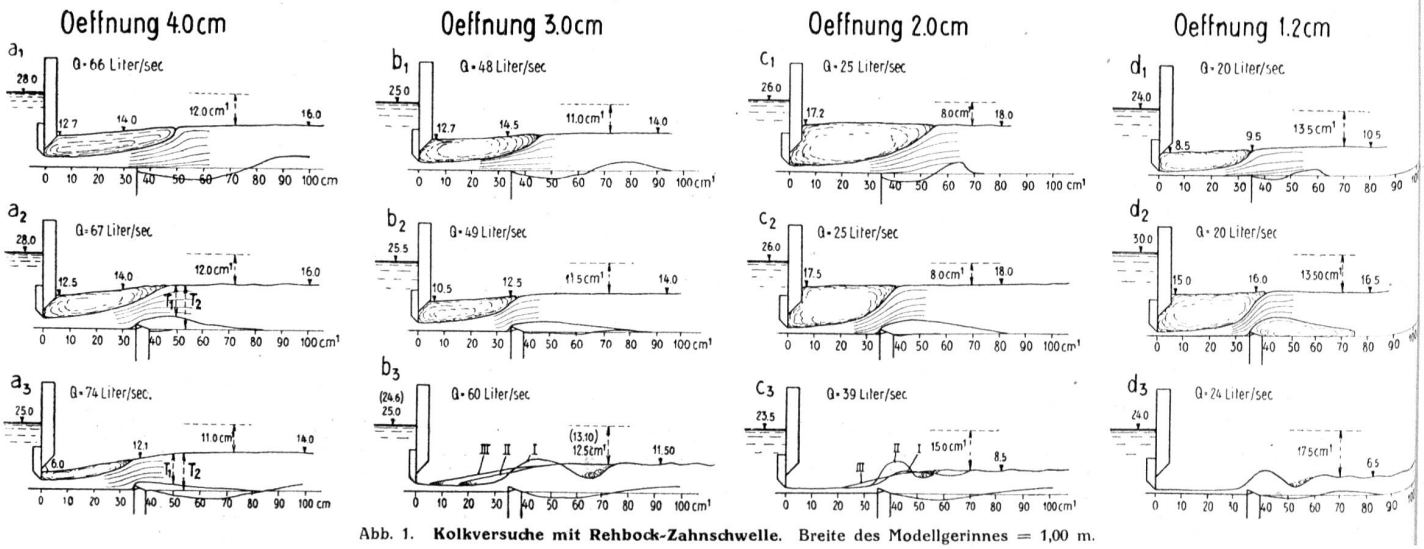

Abb. 1. **Kolkversuche mit Rehbock-Zahnschwelle.** Breite des Modellgerinnes = 1,00 m.

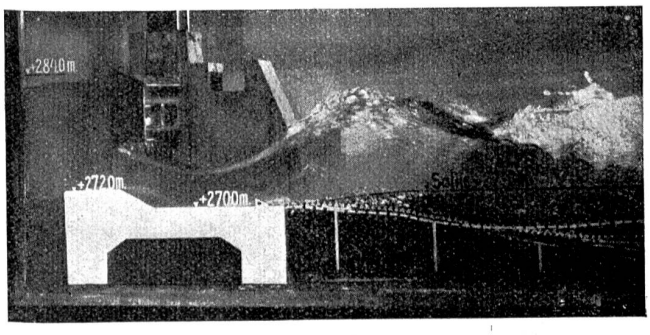

Abb. 2. Momentaufnahme des Abflusses einer Wassermenge von 41,7 cbm/s auf 1 m Durchflußbreite unter dem gehobenen Schütz der Wehranlage Ryburg-Schwörstadt. Modell 1 : 50. Die unbefestigte Flußsohle des Modells bestand bei dieser Aufnahme aus Kies von 6—12 mm Korngröße.

im Karlsruher Flußbaulaboratorium gemachten Feststellungen, daß bei einem wagerechten Sturzbett beim Vorhandensein einer Deckwalze die Kolktiefen durch die Wirkung einer Zahnschwelle auf einen kleinen Bruchteil ihrer sonstigen Größe zurückgehen, oder auch ganz verschwinden.

Die Längenschnitte Dr. Lüschers lassen ferner erkennen, daß die Länge der Deckwalzen durch die Zahnschwellen verringert wird, und daß das Wasser infolgedessen früher zum strömenden Abfluß übergeht.

Die weiteren von Dr. Lüscher ausgeführten Versuche der dritten (untersten) Versuchsreihe a_3, b_3, c_3 und d_3 mit Zahnschwellen wurden bei einem gegenüber den entsprechenden Versuchen der ersten Versuchsreihe ohne Zahnschwellen um 12, 25, 56 bezw. 20% gesteigerten Abfluß und bei einer um 12, 18, 53 bezw. 38% verminderten Unterwassertiefe, d. h. unter ganz wesentlich ungünstigeren Abflußverhältnissen durchgeführt. Das Abflußbild änderte sich dabei grundlegend, indem sich nur noch bei dem Versuch a_3 mit wenig verkleinerter Unterwassertiefe eine standfeste Deckwalze bilden konnte, während bei den übrigen Versuchen b_3, c_3 und d_3 der Abfluß sich vorübergehend oder dauernd unter Bildung eines gewellten Strahles ohne Deckwalze vollzog. Trotzdem blieben die Kolktiefen infolge der günstigen Wirkung der Zahnschwellen in allen Fällen kleiner als bei den entsprechenden Versuchen der ersten Versuchreihe ohne Zahnschwellen. Diese Versuche lassen die kolkmindernde Wirkung der Zahnschwellen besonders überzeugend hervortreten. Vor allem ist aus den Längenschnitten Dr. Lüscher's zu entnehmen, daß trotz der ungünstigen Abflußverhältnisse, die bei der dritten Versuchsreihe vorlagen, infolge der schützenden Wirkung der Zahnschwellen in keinem Fall Auskolkungen der Sohle unmittelbar am Ende des befestigten Sturzbettes entstanden sind. Demgegenüber begann die Kolkung trotz der geringeren Ablußmengen und der größeren Unterwassertiefen bei der ersten Versuchsreihe ohne Zahnschwellen schon unmittelbar am befestigten Sturzbett, so daß die stromabwärts gerichtete Begrenzung der Sturzbettplatte freigelegt wurde (Versuche a_1 und c_1), was beim Vorhandensein von Zahnschwellen selbst beim Fehlen einer Deckwalze nicht geschehen ist (Versuche c_3 und d_3).

Vergleichsversuche ohne Zahnschwellen sind zu den Versuchen der dritten Versuchsreihe leider nicht angestellt worden. Solche Vergleichsversuche würden den Wert der Zahnschwelle gerade unter diesen ungünstigen Abflußverhältnissen, bei denen der Wasserstrom das Ende des Sturzbettes schießend erreicht, besonders deutlich gezeigt haben.

Als Beispiel für einen solchen Abfluß möge auf neuere Modellversuche im Karlsruher Flußbaulaboratorium für die Wehranlage des Oberrhein-Kraftwerkes Ryburg-Schwörstadt hingewiesen werden, an dem bei einer mit der Abflußmenge schwankenden Oberwassertiefe von 11,5 m bis 12 m und bei Unterwassertiefen von 4—7 m Wassermengen bis zu 5500 cbm/s durch 4 Wehröffnungen von je 24 m Breite zum Abfluß kommen. Bei allen größeren Wasserführungen fließt bei diesem Wehr das Wasser bis über das Ende des befestigten Sturzbettes hinaus schießend ab. Dabei bildet sich unterhalb des Sturzbettes ein gewellter Strahl, dessen erste stehende Welle bis zu beträchtlicher Höhe emporstieg (s. Abb. 2, aufgenommen für einen Abfluß durch das Wehr von 4000 cbm/s).

Trotz des aus Abb. 2 ersichtlichen wilden Abflußvorganges traten beim Vorhandensein einer Zahnschwelle bei den verschiedenen vorkommenden Abflußmengen überhaupt keine Auskolkungen

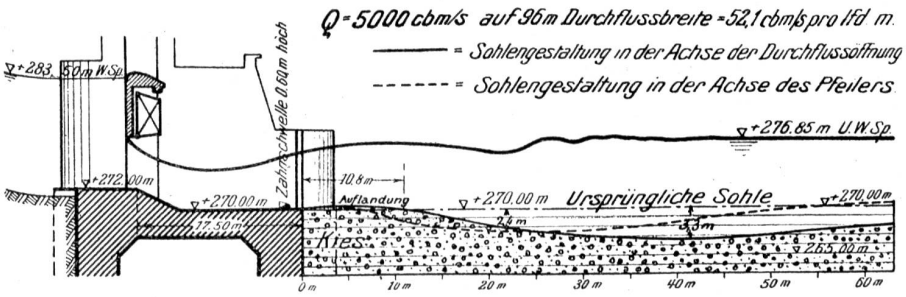

Abb. 3. Kolkbildung bei einem Flußbett aus Kies von 6—12 mm Korngröße bei ebenem Sturzboden mit Zahnschwelle nach einer Versuchsdauer von 1 Stunde.

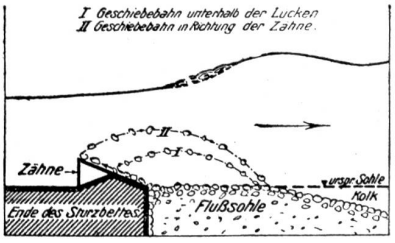

Abb. 4. Wandern des Geschiebes an einer Zahnschwelle, festgestellt durch Zeitlupenaufnahme.

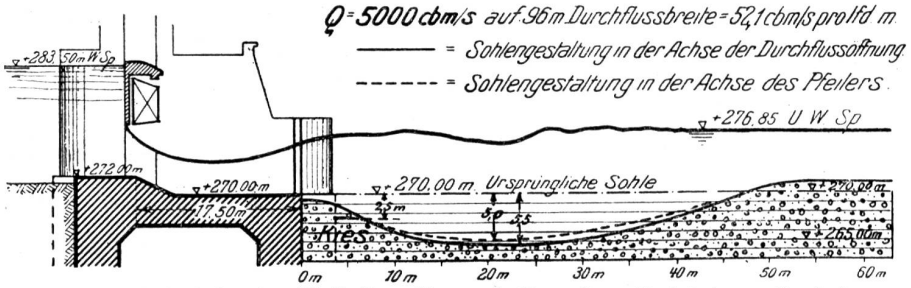

Abb. 5. Kolkbildung bei einem Flußbett aus Kies von 6—12 mm Korngröße bei ebenem Sturzboden ohne Zahnschwelle nach einer Versuchsdauer von einer Stunde.

dicht unterhalb des Sturzbettes auf (Abb. 3). Auf mehrere Meter Länge wurden bei einem Flußbett aus kleinkörnigem Kies, aber auch bei einem solchen aus leichtbeweglichen feinen Bodenteilen (Sand von 0,3—1,2 mm Korngröße im Modell 1 : 50) keinerlei Senkungen der unbefestigten Sohle unter die Höhenlage der Sturzbettplatte beobachtet. Erst in einer größeren Entfernung unterhalb des Endes des befestigten Sturzbettes senkte sich die Sohle mit flacher Böschung stromabwärts allmählich unter die Sturzbetthöhe. Das Sturzbett war daher auch bei dem auftretenden schießenden Abfluß vor Beschädigungen durch Kolkbildung sicher geschützt. Die unter der stehenden Welle stromabwärts vom befestigten Sturzbett entstehende Grundwalze führte das Geschiebe auch in diesem Falle aufwärts zur Zahnschwelle. Einzelne Geschiebeteilchen bewegten sich dabei auf den Oberflächen der Zähne der Schwelle in flach geneigter Bahn stromaufwärts, um an der Oberkante der Zähne, von der reißenden Strömung erfaßt, schwebend stromabwärts fortgerissen zu werden, wobei sie aber wieder in die Grundwalze unter dem eigentlichen Wasserstrom gelangen (Abb. 4). Diese Grundwalze verhindert das Abwandern des Geschiebes und damit die Kolkbildung unmittelbar vor dem befestigten Sturzbett vollständig. Sie erzeugt sogar eine geringe Aufladung der Sohle dicht unterhalb des Sturzbodens.

Wurde bei diesen Abflußverhältnissen die Zahnschwelle am Sturzbettende des Modells beseitigt, so änderte sich das Abflußbild plötzlich. Große Mengen von Geschiebe wurden dann sofort abwärts fortgerissen. Es entstanden Auskolkungen, die schon unmittelbar vor dem befestigten Sturzbett begannen und einen Teil der Sturzbettplatte freilegten (Abb. 5). Selbst grobes Geschiebe kam dabei bis zu erheblicher Tiefe unter der Sturzbetthöhe in Bewegung, wie durch eine Filmaufnahme auch im Bild festgehalten werden konnte.

Die beiden Längenschnitte Abb. 3 und 5 zeigen die Kolkbildungen für einen Hochwasserabfluß von 5000 cbm/s auf 96 m Durchflußbreite, d. h. für einen Abfluß von 52,1 cbm/s auf 1 m Breite an einem Modell 1:50 für das Wehr mit und ohne Zahnschwelle. Der Fuß der Zahnschwelle wurde bei dieser Anlage, um eine ebene Fläche am Sturzbettende für das Aufsetzen von Dammbalken frei zu halten, entgegen der üblichen Ausbildung (Abb. 6) weggelassen (Abb. 7), was nach dem Ergebnis der Versuche die Wirkung

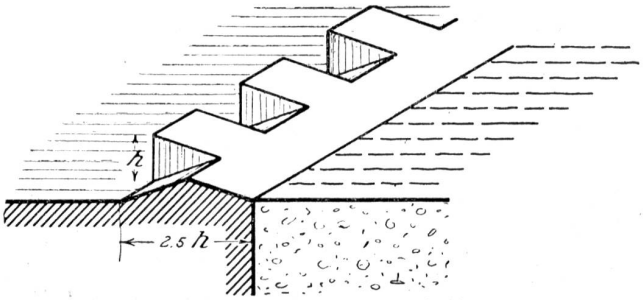

Abb. 6. Uebliche Ausbildung der Zahnschwelle.

der Zahnschwelle nicht beeinträchtigt, zumal der Ausschnitt teilweise mit Geschieben ausgefüllt wird, die aber beim Aufsetzen eines Dammbalkens sogleich durch die entstehende starke Strömung fortgerissen werden.

Während die Zahnschwelle Auskolkungen auch vor den Zwischenpfeilern selbst beim Höchstwasserabfluß auf die Dauer sicher verhütete, entstanden bei fehlender Zahnschwelle unmittelbar unterhalb der Pfeiler schon im Laufe eines einstündigen Versuches Auskolkungen von 2,5 m Tiefe (Abb. 5).

Die Längenschnitte Abb. 8 und 9 sind beide bei einem Abfluß von 4000 cbm/s beim Sturzbett mit Zahnschwelle aufgenommen. Sie zeigen, daß

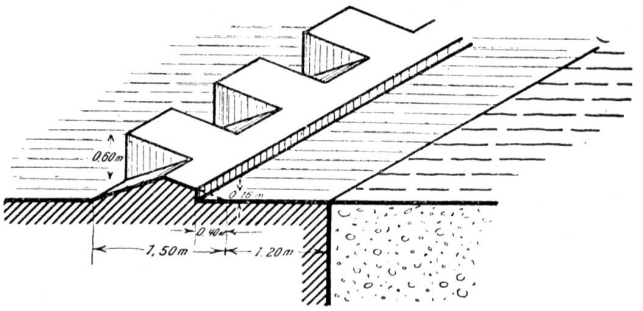

Abb. 7. Geplante Anordnung der Zahnschwelle bei dem Wehr Ryburg-Schwörstadt.

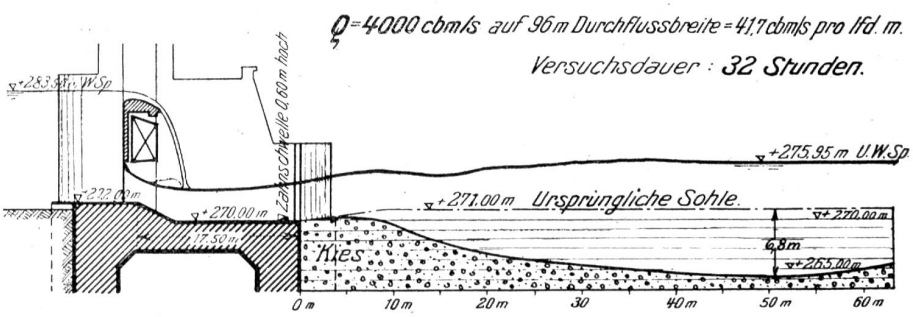

Abb. 8. Kolkbildung bei einem Flußbett aus Kies von 6—12 mm Korngröße bei ebenem Sturzboden mit Zahnschwelle nach einer Versuchsdauer von 32 Stunden.

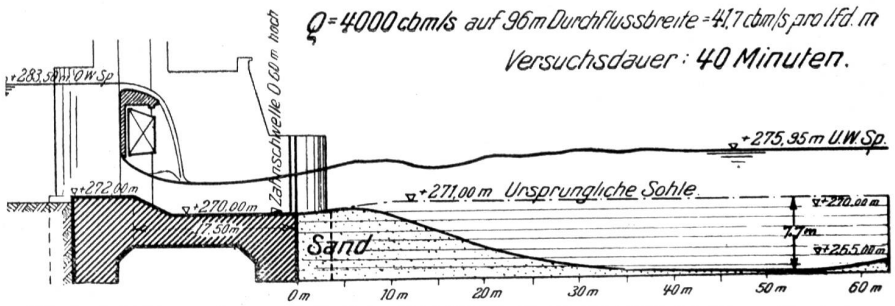

Abb. 9. Kolkbildung bei einem Flußbett aus Sand von 0,3—1,2 mm Korngröße bei ebenem Sturzboden mit Zahnschwelle nach einer Versuchsdauer von 40 Minuten.

Abb. 8 bis Abb. 9. Untersuchung des Einflusses des Sohlenmaterials auf die Grösse und den Zeitaufwand der Kolkbildung beim Vorhandensein einer Zahnschwelle an einem Teilmodell 1 : 50 des Rheinwehres Ryburg-Schwörstadt.

die Korngröße des Bettmateriales auf die Form des entstehenden Kolkes nur von geringem Einfluß ist, wenn auch die Auswaschung der Sohle bei gröberem Boden ganz erheblich mehr Zeit erfordert. Bei diesen Versuchen entstand bei einem Flußbett aus Kies in 32 Stunden ein ähnliches Kolkbild (Abb. 8), wie bei Sandboden in 40 Minuten, d. h. in einer 48mal kürzeren Zeit (Abb. 9)[1]).

Auch bei einer großen Anzahl weiterer Versuche mit Zahnschwelle lag der Kolk stets in einer unschädlichen Entfernung vom Ende des Sturzbettes, das durch einen vorgelagerten Bodenkörper sicher geschützt blieb, so daß Herdmauern oder Spundwände unnötig werden.

Es ist in der Tat überraschend, daß selbst bei einem so wilden Abfluß ungewöhnlich großer Wassermengen von über 40 cbm/s auf 1 m Abflußbreite durch einen Grundablaß, wie ihn der Längenschnitt Abb. 2 im Modell durch eine Spiegelglasscheibe hindurch erkennen läßt, keinerlei Auskolkungen in der Nähe des befestigten Sturzbettes entstehen, wenn dieses mit einer richtig angeordneten Zahnschwelle abgeschlossen ist.

Die Zahnschwelle erfüllt ihren Zweck, das Sturzbett zu schützen, demnach nicht nur im strömenden, sondern auch im schießenden Wasserstrom. Sie tut dies selbst dann, wenn nur ein verhältnismäßig schmales Sturzbett vorhanden ist, wie bei Ryburg-Schwörstadt, wo das Sturzbett nur um das 1,5-fache der Oberwassertiefe von der Stauwand des Schützes abwärts reicht. Voraussetzung für eine solche gute Wirkung der Zahnschwelle ist allerdings, daß der abfließende Wasserstrom bei allen Wasserführungen auch tatsächlich auf die Zahnschwelle auftrifft und nicht — etwa durch einen ansteigenden Gegenboden, wie es bei vertieften Sturzbecken der Fall sein kann — über sie hinweggeleitet wird.

Die Lücken zwischen den Zähnen unterstützen die kolkmindernde Wirkung der Zahnschwellen. Sie bieten aber vor allem den Vorteil, daß Verlandungen des Sturzbettes, die bei lotrecht begrenzten, über das ganze Sturzbett reichenden, durchlaufenden Schwellen bei kleinen Wasserführungen eintreten können, sicher verhütet werden, da das Geschiebe ohne sich abzulagern von der Strömung durch die Lücken zwischen den Zähnen hindurch getrieben wird.

Was die Form der Zahnschwelle anbetrifft, so wurde die in Abb. 6 dargestellte unter vielen untersuchten Schwellen ohne und mit Zähnen als die wirksamste befunden. Mit meist nur unbedeutenden Abweichungen sind Zahnschwellen dieser Ausbildung angewandt bei der Hochwasserentlastungsanlage des Stausees des Kraftwerkes Friedland bei 14,25 m Absturzhöhe und beim Groß-Wohnsdorffer Wehr in der Alle (Ostpreußenwerk), in der Rench bei Renchen und im Flutkanal am Seegraben (Kulturbauamt Offenburg), in der Tauber bei Wertheim (Teilbachwerk), beim Kallbach-Wehr (Landkreis Aachen), beim Hundsbachwehr des Murgwerkes (Badenwerk), an einem Wehr im

[1]) Bei Ausdehnung des Versuches mit Kies auf eine Dauer von etwa 40 Stunden würde der Kolk voraussichtlich nahezu die gleiche Tiefe erreicht haben. wie beim Versuch mit Sand in 40 Minuten.

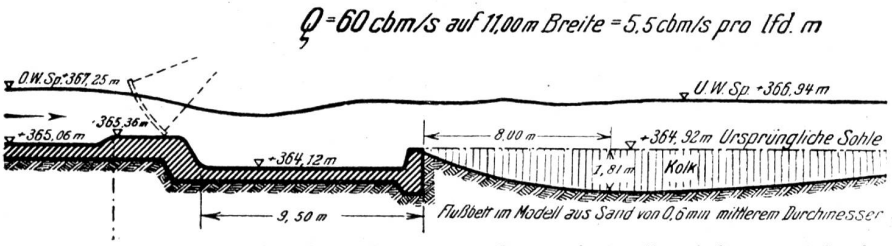

Abb. 10. Kolkbildung bei vertieftem Sturzbecken von 9,5 m Breite nach einer Versuchsdauer von 1 Stunde.

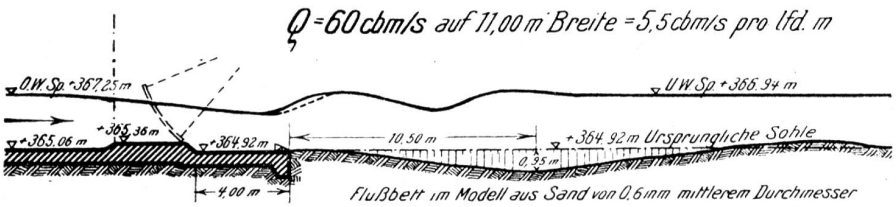

Abb. 11. Kolkbildung bei ebenem Sturzbett von 4,00 m Breite mit Zahnschwelle von 0,2 m Höhe nach einer Versuchsdauer von 1 Stunde.

Liri-Fluß (Italien), am Maaswehr Borgharen bei Maastrich (niederländische Regierung), bei verschiedenen Schleusen in den Niederlanden und bei einigen Bewässerungswehren im Piurafluß (Peru). Bei diesen Anlagen hat sich die stark kolkmindernde Wirkung der Zahnschwelle bei großen Hochwässern schon verschiedentlich auch in der Natur erwiesen.

Da beim Vorhandensein einer Zahnschwelle ein Sturzbett von wesentlich geringerer Breite genügt als beim Fehlen einer Zahnschwelle, werden die Kosten einer Wehranlage durch die Anbringung einer Zahnschwelle nicht erhöht, sondern im Gegenteil in den meisten Fällen vermindert. Ein gleichwertiger Schutz der Flußsohle unterhalb des Sturzbettes läßt sich, wie Versuche gezeigt haben, beim Fehlen einer Schwelle auch durch sehr starke Verbreiterung des Sturzbettes nicht erzielen. Denn eine Verbreiterung des Sturzbettes verschiebt zwar den Kolk um das Maß der Verbreiterung des Sturzbettes abwärts; sie verkleinert aber die Kolktiefe nur unwesentlich.

Wie große Ersparnisse am Baukörper auch an einem verhältnismäßig kleinen Wehr durch die Verwendung eines Sturzbettes mit Zahnschwelle erzielt werden können, mögen noch die in letzter Zeit im Karlsruher Flußbaulaboratorium aufgenommenen Längenschnitte Abb. 10 und 11 zeigen. Diese Abbildungen stellen einen Grundablaß mit voll gezogenem Schütz für einen Abfluß von 5,5 cbm/s auf 1 m Wehrlänge dar. Abb. 10 zeigt den Längenschnitt der Anlage in der dem Karlsruher Laboratorium zur Ueberprüfung vorgelegten Form mit dem während einer Stunde in einem Flußbett aus feinem Sand ausgewaschenen Kolk. Obschon dieser Entwurf nach den herrschenden Anschauungen durchaus sachgemäß aufgestellt war, ließ sich eine wesentliche Verbesserung durch die Anordnung eines wagrechten unvertieften Sturzbettes mit Zahnschwelle erzielen. Abb. 11 läßt den Kolk erkennen, der nach Beseitigung des vertieften Sturzbeckens und Ersatz durch ein in Flußbetthöhe liegendes erheblich schmäleres wagrechtes Sturzbett mit einer kleinen Zahnschwelle unter sonst gleichen Verhältnissen entstanden ist.

Die Abbildungen zeigen, daß durch die Aenderung des Entwurfes bedeutende Ersparnisse an Aushub und Betonarbeiten und trotzdem starke Verkleinerungen des Kolkes erzielt wurden.

(Schluß folgt).

Die Regulierung der Seen.

Vortrag,

gehalten an der Hauptversammlung des Schweizer. Wasserwirtschaftsverbandes vom 14. Okt. 1927 von Dr. K. Kobelt, Sektionschef beim eidg. Amt für Wasserwirtschaft.

(Schluss).

D. Grundsätzliche Fragen.

1. In welcher Weise sollen die Hochwasserstände der Seen tiefer gelegt werden: Am nächstliegenden wäre es, die maximalen Abflußmengen zu vergrößern. Nach dem Projekt der bernischen Baudirektion für die Juragewässerkorrektion würde der maximale Abfluß der Aare von ca. 600 auf 800 m³/sek., nach Projekt der Gebrüder Maier über die Bodenseeregulierung der Abfluß des Rheins von 1080 auf 1300—1400 m³/sek. erhöht. Dadurch würden die Hochwasserverhältnisse der Flußgebiete unterhalb der Seen wieder verschlechtert. Die natürliche hochwasserausgleichende Wirkung der Seen würde vermindert. Das Amt für Wasserwirtschaft hat deshalb in diesen beiden Fällen Lösungen vorgeschlagen, bei denen die maximalen Abflußmengen nicht erhöht werden. Dies wird durch Vorabfluß erreicht. Die Abflußkorrektion und der Regulierungsvorgang werden so gewählt, daß der