

# Hydraulische Entwurfs- und Bemessungskriterien für Sohlschwellen

## Hydraulic Criteria for the Design of Weir Sills

### Kurzfassung / Summary

Eine Verbesserung der insbesondere im Niedrigwasserbereich bis heute oft sehr mangelhaften Abflußbestimmung kann mit dem Einbau von Sohlschwellen als Meßbauwerke an Pegelanlagen erzielt werden. Neben meßtechnischen und baulichen Problemen müssen hierbei Belange der Fischerei und des Wassersports mit berücksichtigt werden. Im folgenden wird ein entsprechendes Bemessungsverfahren für Sohlschwellen entwickelt.

By installation of weir sills as discharge measurement structures at water gauges it is possible to improve the so far inadequate determination of low discharges. Besides the problems of measurement and construction, attention has to be paid to fishery and water sports. An adequate method of dimensioning weir sills in rivers is developed.

### 1 Einführung

Pegelmessstellen an kleinen und mittleren Gewässern zeigen häufig eine unzureichende Meßgenauigkeit insbesondere im Bereich der Niedrigwasserabflüsse. Eine Verbesserung der Abflußbestimmung in diesem Bereich kann durch den Einbau von Sohlschwellen erzielt werden, durch die ein von Verkräutung und Geschiebe unabhängiger Meßquerschnitt geschaffen wird, welcher einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Oberwasserstand und Abfluß liefert [1, 2]. Andererseits sollen diese Einbauten bei Hochwasserabflüssen keinen nennenswerten Aufstau hervorrufen.

Die Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes Baden-Württemberg führt derzeit eine Sanierung ihres Pegelnetzes durch [3], in dessen Rahmen das Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart eine systematische Modelluntersuchung zur hydraulischen Gestaltung von Sohlschwellen unternahm. Hierbei waren neben den Fragen der hydraulischen und baulichen Gestaltung des Meßbauwerks auch die Belange der Fischerei [4] und des Kanusports [5] mit zu berücksichtigen. Die nachfolgenden Überlegungen beziehen sich auf kleinere und mittlere Gewässer mit Einzugsgebieten von weniger als 300 km<sup>2</sup>, mit Gewässerbreiten im Bereich von 5–30 m und folgenden Abflußverhältnissen:

Zentralabfluß ZQ:	2 bis 10 m <sup>3</sup> /s
Mittelwasserabfluß MQ:	5 bis 20 m <sup>3</sup> /s
Hochwasserabfluß HHQ:	einige 100 m <sup>3</sup> /s

### 2 Entwurfskriterien

#### 2.1 Meßtechnische Gesichtspunkte

Eine typische Pegelkurve ohne Sohlschwelle ist in *Bild 1* dargestellt. Soll durch den Einbau einer Sohlschwelle die Meßgenauigkeit im Bereich niedriger Abflüsse erhöht werden, so ist zunächst für jeden Standort festzulegen, bis zu welchem Bemessungsabfluß  $Q_B$  eine eindeutige Abflußbestimmung durch die Sohlschwelle gewährleistet werden soll, und ab welchem Abfluß  $Q_R$  die Aufstauwirkung der Sohlschwelle vernachlässigbar klein sein soll [6a]. Die prinzipielle Veränderung der Pegelkurve durch den Einbau der Sohlschwelle ist in *Bild 1* dargestellt. Die Sohlschwelle ist nun so zu dimensionieren, daß bis zum Bemessungsabfluß  $Q_B$  vollkommener Überfall und damit eindeutige Abflußverhältnisse an der Meßstelle herrschen. Als Grenze der Rückstaufreiheit wird derjenige Abfluß  $Q_R$  definiert, bei dem der zusätzliche Aufstau  $\Delta y$  zufolge der Sohlschwelle nur noch 1% der entsprechenden Normalabflußtiefe  $y_N$  ausmacht. Es liegt nahe, als Bemessungsabfluß den Bereich des Zentralabflusses und als Grenze für die Rückstaufreiheit den Mittelwasserabfluß anzusetzen:

$$\begin{aligned} Q_B &\approx ZQ \\ Q_R &\approx MQ \end{aligned}$$

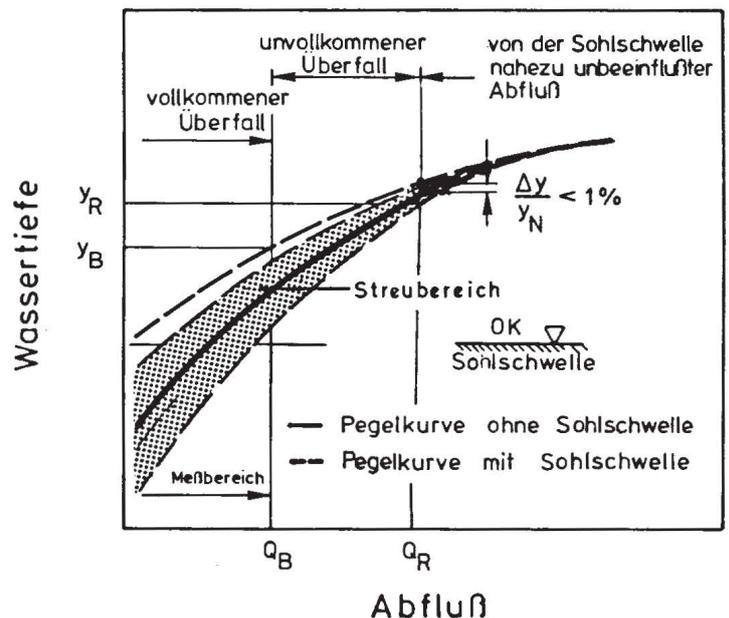


Bild 1: Veränderung der Pegelkurve durch den Einbau einer Sohlschwelle

#### 2.2 Bauliche Gesichtspunkte

Erosionserscheinungen unterhalb der Sohlschwelle können die Standsicherheit des Bauwerks gefährden. Neben einer ausreichenden Gründung und konstruktiven Durchbildung des Bauwerks ist daher der Entwurf einer entsprechenden Kolk sicherungsstrecke erforderlich. Durch entsprechende Gestaltung und Befestigung dieses Bereichs ist ein Angriff der Sohle und der Böschungen im Bereich des Wechselsprungs hinter der Sohlschwelle und im Bereich des Übergangs zum natürlichen Flußprofil zu vermeiden. Diese Maßnahmen sind sowohl aus landschaftsgestalterischen als auch aus Kostengründen möglichst einfach und gering zu halten.

#### 2.3 Belange der Fischerei

Um einen Fischeaufstieg vom Unterwasser ins Oberwasser in einem möglichst großen Abflußbereich zu ermöglichen, sollte die Wasserspiegeldifferenz an der Sohlschwelle auf 0,4 bis 0,6 m begrenzt bleiben [4]. Außerdem sind Ruhe zonen mit geringer Fließgeschwindigkeit im Unterwasser direkt hinter der Sohlschwelle erforderlich. Durch eine geeignete Sohlschwellenform muß zudem dafür Sorge getragen werden, daß der Überfallstrahl möglichst weit von der Sohlschwelle entfernt ins Unterwasserpolster eintaucht. Dadurch finden die Fische an der Unterwasserseite der Sohlschwelle im Schutz des Überfallstrahls eine Warteposition vor dem Sprung ins Oberwasser. Durch entsprechende Ausbildung der Kolk sicherungsstrecke sind vor allem





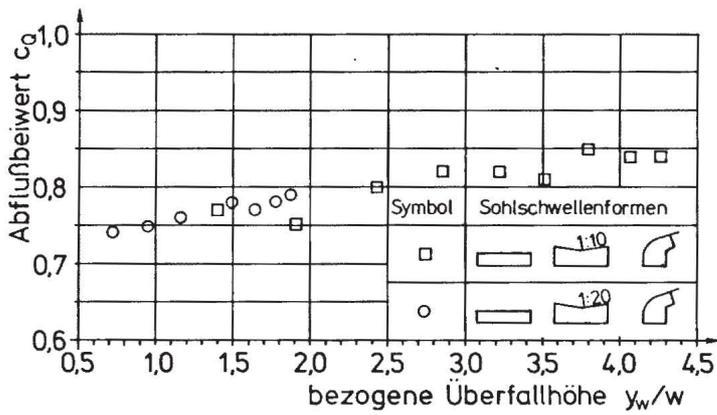


Bild 7: Abflußbeiwerte für vollkommenen Überfall

Für einen angenommenen Abflußbeiwert  $C_Q$  kann somit für den geplanten Pegel eine rechnerische Abflußkurve bestimmt werden, mit deren Hilfe sich die eingangs gestellten Forderungen (vollkommener Überfall bis  $Q_B$ , näherungsweise Rückstaufreiheit ab  $Q_R$ ) überprüfen lassen.

Die in Bild 6 dargestellten Abflußbeziehungen dienen zur Dimensionierung des Bauwerks und können selbstverständlich die sorgfältige und genaue Eichung durch Flügelmessungen vor

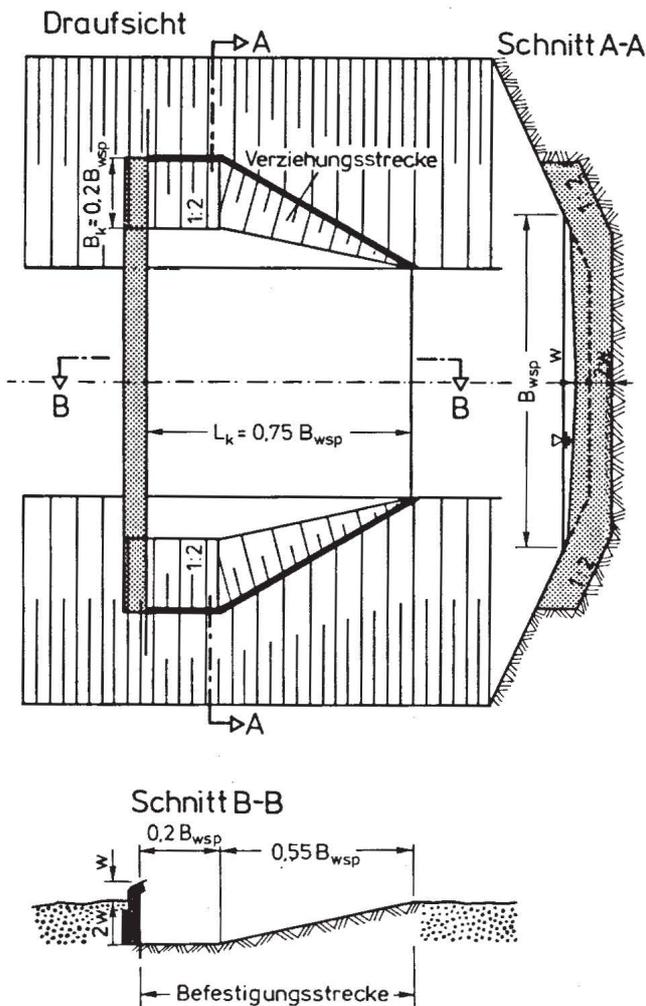


Bild 8: Kolk sicherungsstrecke

Ort nicht ersetzen, wie sie für jedes Pegelbauwerk unerlässlich ist.

### 3.5 Kolk sicherung

Anhand der Modellversuche zur Kolkbildung wurde ein Vorschlag zur Ausbildung der Kolk sicherungsstrecke im Unterwasser entwickelt, der sich an den Formen und Abmessungen des natürlichen Kolkbildes orientiert [6c]. Die Kolk sicherungsstrecke ist so dimensioniert, daß die Energieumwandlung für einen großen Abflußbereich innerhalb der befestigten Strecke stattfindet und somit ein starker Angriff des natürlichen Flußbettes vermieden wird. Extreme Hochwasserereignisse blieben hierbei jedoch außer Betracht. Aufgrund der Modellversuche ergab sich der in Bild 8 dargestellte Vorschlag, dessen Hauptabmessungen in Abhängigkeit von der Sohlschwellenhöhe und der Wasserspiegelbreite beim Bemessungsabfluß  $Q_B$  festgelegt wurden. Die Form der Kolk sicherungsstrecke wurde bewußt einfach gewählt; der seitliche senkrechte Übergang von der Kolkmulde in die Böschungslinie kann je nach landschaftlichen Gesichtspunkten auch in anderer Form ausgeführt werden. Neben einer hochwasserfesten Befestigung ist auf einen langsamen, stetigen Übergang der Sohle zum unbefestigten Flußbett zu achten.

### 4 Schlußbemerkung

Der vorliegende Beitrag enthält einen gedrängten Überblick über die wesentlichsten Ergebnisse eines zweijährigen Untersuchungsprogramms. Angeregt und mit fachkundigem Rat unterstützt wurde das Programm von Herrn ORBR Daucher von der Landesanstalt für Umweltschutz. Insbesondere ihm sowie den Herren Dr. Kullak als Fischereisachverständigen und Wulle vom Württembergischen Kanuverband sind die Autoren für wertvolle Anregungen und sachdienliche Hinweise zu besonderem Dank verpflichtet.

### Schrifttum

- [1] Knapp: Ausfluß, Überfall und Durchfluß im Wasserbau, Braun Verlag, Karlsruhe 1960
- [2] International Institute for Land Reclamation and Improvement OLRI: Discharge Measurement Structures, The Netherlands, Wageningen 1976
- [3] Daucher, H.: Typisierung von Pegeln an Oberflächengewässern, Vortrag beim 10. Lehrgang zur Weiterbildung von Bediensteten im Wasser- und Wegebau sowie Wassermengenwirtschaft des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt Baden-Württemberg, August 1977
- [4] Kullak, E.: Berücksichtigung fischereilicher Belange beim Gewässerausbau, Vortrag beim 11. Lehrgang zur Weiterbildung von Bediensteten im Wasser- und Wegebau sowie Wassermengenwirtschaft des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt Baden-Württemberg, November 1977
- [5] Buzengeiger, G.: Belange des Wassersports beim Ausbau und Unterhaltung der Gewässer, Sonderdruck des Referenten für Wasserbau im Deutschen Kanuverband
- [6] Technische Berichte des Instituts für Wasserbau der Universität Stuttgart zur vorliegenden Untersuchung:
  - a) Möglichkeiten der Abflußbestimmung in Fließgewässern und Entwurfskriterien für Sohlschwellen (HWV 012, August 1979)
  - b) Systematische Modellversuche zur Bestimmung des Abflußverhaltens von Sohlschwellen (HWV 017, April 1980)
  - c) Modellversuche zu Anlandung, Erosion und Kolk sicherung an Sohlschwellen für Pegelanlagen unter Berücksichtigung der Belange der Fischerei und des Kanusports (HWV 023, Januar 1981)

Anschrift der Verfasser: Dipl.-Ing. Peter Müller, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 61, 7000 Stuttgart 80  
 Prof. Dr. Helmut Kobus, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 61, 7000 Stuttgart 80