

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 94 (2002)  
**Heft:** 11-12

**Artikel:** Geschiebeabzug in Kraftwerkskanälen mit Hilfe von Wirbelröhren :  
Fallbeispiel Kraftwerk Schiffmühle  
**Autor:** Schmidt, A.P. / Bezzola, G.R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-939669>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 24.05.2025

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

# Geschiebeabzug in Kraftwerkskanälen mit Hilfe von Wirbelröhren – Fallbeispiel Kraftwerk Schiffmühle

■ A. P. Schmidt und G. R. Bezzola

## Zusammenfassung

Geschiebeakkumulationen in Stauräumen von Flusskraftwerken sind häufige Nebenerscheinungen grösserer Abflussereignisse. Oft wird dieses Geschiebe durch Geschiebeabweiser, Spülkanäle oder Baggerungen entfernt. Der Betrieb von Wirbelröhren als Massnahme zur Geschiebeabscheidung in Kraftwerkskanälen spielt bis jetzt in der Praxis eine vergleichsweise untergeordnete Rolle. Am Beispiel des Kraftwerkes Schiffmühle werden hier die Untersuchungen zum Abzug von Geschiebe mit Hilfe einer Wirbelröhre in einem gekrümmten Oberwasserkanal behandelt.

## 1. Einleitung

Das Kraftwerk Schiffmühle befindet sich flussabwärts von Baden, in einer Linkskrümmung der Limmat. Zwischen dem linksseitig angeordneten Klappenwehr und dem Kraftwerksgebäude trennt ein Streichwehr den 460 m langen Oberwasserkanal und die Restwasserstrecke. Durch die breite Wasserfassung an der Kurvenaussenseite wird das zugeführte Geschiebe grösstenteils in den Oberwasserkanal transportiert, wo es sich entlang des Streichwehres als langgestreckte Geschiebebank abgelagert (vgl. Bild 1). Aufgrund des gekrümmten Oberwasserkanals entspricht dessen Sohlentopografie der für Flusskrümmungen typischen Situation mit einer Geschiebebank auf der Innenseite und einem Kolk auf der Aussenseite. Nach grösseren Hochwassern, zuletzt im Mai 1999, erforderten diese Geschiebeablagerungen immer wieder aufwendige Ausbaggerungen des Oberwasserkanals, verbunden mit Betriebsunterbrechungen und Leistungsverlusten in der Stromerzeugung.

Ziel der Untersuchungen war die Überprüfung und Optimierung einer projektierten Wirbelröhre für den Abzug von Geschiebe aus dem Oberwasserkanal in die Restwasserstrecke. Abweichend von der Anordnung ähnlicher Geschiebeabzüge in geraden Kanälen mit ebener Sohle (Mtalo, 1988) bzw. bei Wasserfassungen in Geschiebe führenden Flüssen (ASCE, 1972) war im vorlie-

genden Fall eine Anpassung der Wirbelröhre an die morphologischen Verhältnisse des Oberwasserkanals erforderlich.

## 2. Physikalisches Modell

Im physikalischen Modell wurden der gekrümmte Oberwasserkanal und die Restwasserstrecke des Kraftwerkes Schiffmühle auf einer 460 m langen Strecke nachgebildet (vgl. Bild 2). Der massgebende Korndurchmesser und der Korndurchmesser bei 90% Siebdurchgang des Limmatgeschiebes betragen  $d_m = 4,3$  cm und  $d_{90} = 9,4$  cm. Die Eichung des Modells erfolgte anhand der Nachbildung der im Oberwasserkanal dokumentierten Sohlenänderungen durch das Hochwasser im Jahr 1999.

Im Vergleich zum langjährigen Monatsmittel von  $135$  m<sup>3</sup>/s für den Monat Mai betrug das Monatsmittel für den Mai 1999  $317$  m<sup>3</sup>/s. Der am 22. Mai 1999 gemessene Spitzenabfluss von  $660$  m<sup>3</sup>/s entspricht einem neuen Höchstwert für die Limmat bei Baden. Das frühere Maximum vom 19. Mai 1994 beträgt  $490$  m<sup>3</sup>/s für die Messperiode 1951 bis 1999 (Bundsamt für Wasser und Geologie, 2000). Aufgrund von Geschiebetransportrechnungen und den Sohlenveränderungen im Oberwasserkanal betrug die Geschiebezufuhr der Limmat während des Hochwassers 1999 rund  $2700$  t (entsprechend einem Ablagerungsvolumen von  $5000$  m<sup>3</sup>).

## 3. Untersuchte Varianten

Im physikalischen Modell wurden ausser der projektierten Wirbelröhre zwei weitere mit «Omega» und «Sigma» bezeichnete Typen von Wirbelröhren, in jeweils verschiedenen Varianten getestet. Im Rahmen dieses Beitrages wird jeweils die Bestvariante eines Typs vorgestellt.

Die Anordnung der untersuchten Wirbelröhren innerhalb der Krümmung, an der mit  $22,5$  m engsten Stelle des Oberwasserkanals ist morphologisch bedingt und nutzt den Kurveneffekt der sohlnahen Strömung auf die Geschiebeführung. Dies erlaubt eine konzentrierte Fassung des Geschiebes in der linken Profilhälfte des Oberwasserkanals (Innenkurve) entlang des Streichwehres. Die untersuchten Röhrenlängen zwischen  $8,70$  m und  $14,70$  m wurden somit dem vorwiegend

Geschiebe führenden Sohlenbereich angepasst.

Zur Ableitung des Geschiebes wird das Röhrende durch das Streichwehr geführt und mündet bei allen Varianten am Böschungsfuss des Streichwehres in die Restwasserstrecke. Bei Geschiebe führenden Abflüssen, beginnend bei etwa doppeltem Mittelwasserabfluss ( $2Q_m \approx 200$  m<sup>3</sup>/s), kann die Inbetriebnahme der Wirbelröhre über ein im Streichwehr integriertes Verschlussorgan erfolgen. Aufgrund der vergleichsweise geringen Röhrenabflüsse zwischen  $4,0$  m<sup>3</sup>/s und  $6,5$  m<sup>3</sup>/s ist die Ausbauwassermenge des Kraftwerkes von  $95$  m<sup>3</sup>/s auch während des Betriebs einer Wirbelröhre gesichert. Wirtschaftliche Überlegungen hinsichtlich der Dimensionierung der Röhrendurchmesser waren insofern zweitrangig.

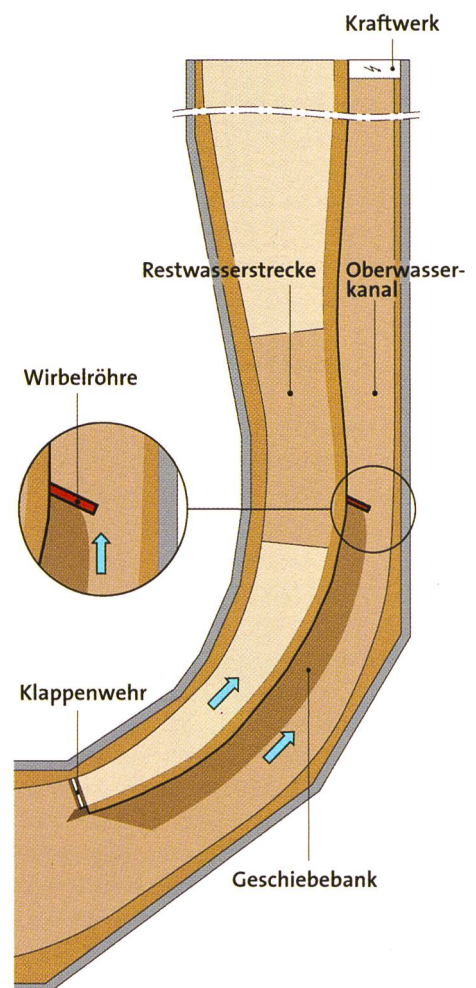


Bild 1. Situation des Kraftwerkes Schiffmühle.

### 3.1 Projektierte Variante

Beim projektierten Geschiebeabzug handelt es sich um eine in der Sohle des Oberwasserkanals angeordnete Wirbelröhre, bestehend aus aufgetrennten Betonrohrelementen mit einem Innendurchmesser von  $D = 1,0\text{ m}$  und einer Schlitzbreite von  $t = 0,95\text{ m}$ , mit welcher das laufende Geschiebe aus dem Oberwasserkanal in die Restwasserstrecke abgeführt werden soll. Der Winkel der Röhrenachse zur Hauptflussrichtung im Kanal beträgt  $60^\circ$  und die Neigung zur Horizontalen beträgt  $3,5\%$  (vgl. Bild 3).

### 3.2 Typ «Omega»

Der Wirbelröhrentyp «Omega» besteht aus einer in die Kanalsohle eingelassenen Röhre mit einem Innendurchmesser von  $D = 1,20\text{ m}$ , welche im Scheitel mit einem Schlitz versehen ist. Die Schlitzbreite beträgt  $t = 0,4\text{ m}$ . Der Querschnitt erinnert an ein horizontal gespiegeltes  $\Omega$ . Die Röhre ist horizontal eingebaut, um eine minimale Bauhöhe zu erreichen, und der Winkel der Röhrenachse zur Hauptflussrichtung im Kanal beträgt ebenfalls  $60^\circ$  (vgl. Bilder 3 und 5).

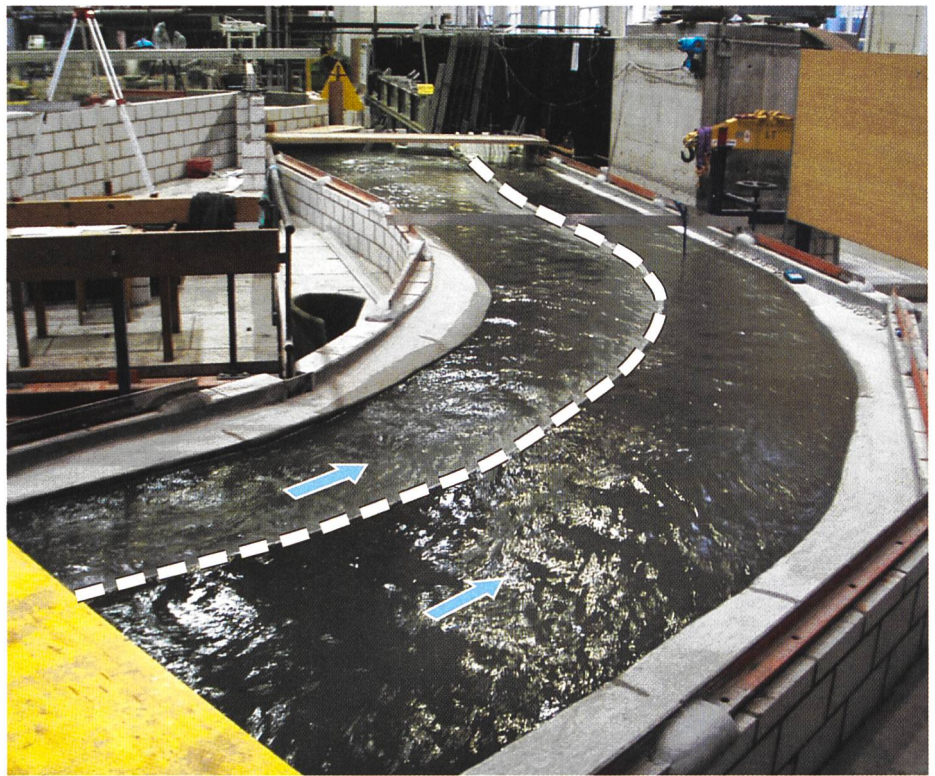
### 3.3 Typ «Sigma»

Als Kombination der beiden zuvor genannten Bauformen, handelt es sich beim Typ «Sigma» um eine horizontale Röhre mit asymmetrischem Querschnitt (vertikal gespiegeltes  $\sigma$ ). Einem kleineren Dreiviertelkreis-Querschnitt mit einem Innendurchmesser von  $D = 1,20\text{ m}$  wurde ein grösseres Segment einer anderen Röhre aufgesetzt. Die zwei Schalen mit unterschiedlichen Radien lassen einen Schlitz in radialer Richtung mit einer Schlitzbreite  $t = 0,35\text{ m}$ , eine Art Frontalfassung, entstehen (Bild 3).

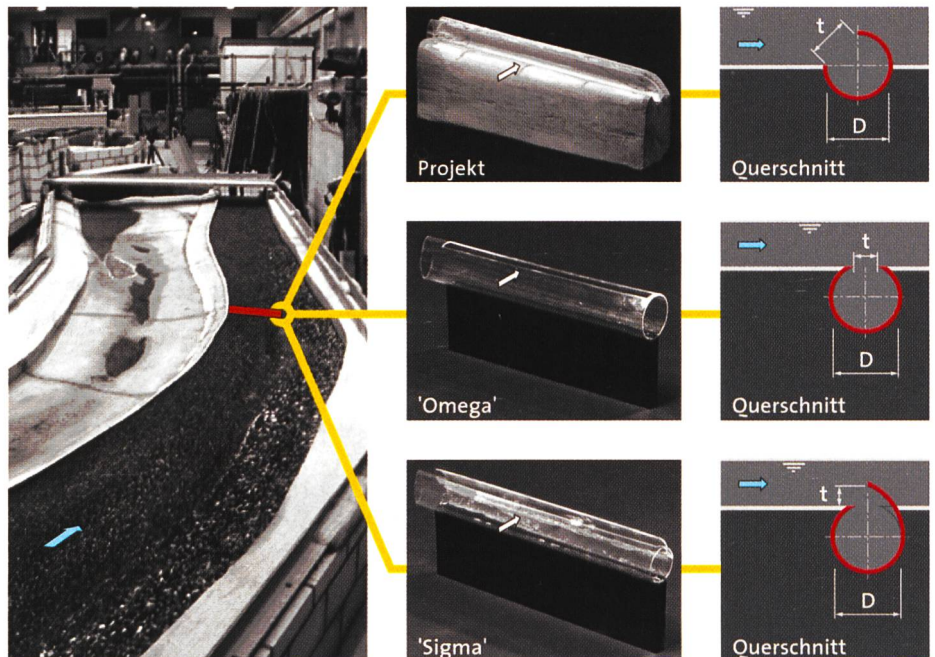
## 4. Versuchsergebnisse

### 4.1 Projektierte Variante

Grundsätzlich ist die projektierte Wirbelröhre zum Abzug von Geschiebe geeignet. Die Modellversuche zeigten Wirkungsgrade um  $87\%$  für ein Abflussereignis entsprechend der Geschiebe führenden Abflüsse des Jahres 1999. Nachteilig wirkt sich die grosse Bauhöhe der Schwelle mit der darin eingebetteten Röhre aus. Das Bauwerk verursacht flussaufwärts einen Aufstau und eine Erhöhung der Geschiebebank entlang des Streichwehres. Die Einschnürungen und Beschleunigungen der Strömung am rechten Röhrenende haben eine Kolkbildung zwischen dem Röhrenende und dem rechten Ufer zur Folge. Farbttests in Reinwasserversuchen zeigten, dass sich in der Röhre keine vollständige Spiralströmung ausbildet, da deren Entwicklung durch den zu einem Viertel offenen Röhrenquerschnitt gestört wird.



**Bild 2.** Physikalisches Modell des Kraftwerkes Schiffmühle bei einem Abfluss von  $600\text{ m}^3/\text{s}$ . Bei grossen Abflüssen gleichen sich die Wasserspiegel im Oberwasserkanal (rechts) und in der Restwasserstrecke (links) zunehmend an. Das Streichwehr ist durch eine weisse Strichlinie hervorgehoben.

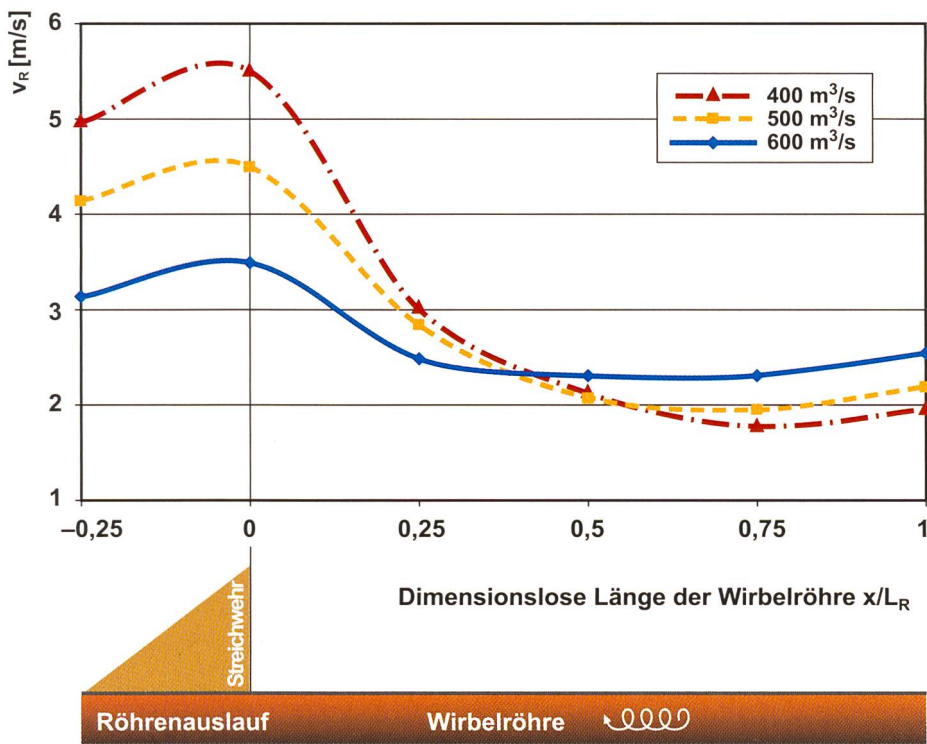


**Bild 3.** Links: Oberwasserkanal (bewegliche Sohle) und Restwasserstrecke des physikalischen Modells mit angedeuteter Wirbelröhre. Mitte: Modelle der untersuchten Wirbelröhrentypen. Rechts: Röhrenquerschnitte.

Im Nahbereich des Geschiebeabzuges war eine starke Wellenbildung im Oberwasserkanal zu beobachten. Die Wellenhöhen betragen dabei bis zu  $1,50\text{ m}$  (bezogen auf die mittlere Wasserspiegellhöhe). Die maximale Kolkentiefe am rechten Röhrenende betrug  $3,20\text{ m}$  bei einem Abfluss von  $300\text{ m}^3/\text{s}$ . Für grössere Abflüsse ergaben sich leicht geringere Kolkiefen.

### 4.2 Typ «Omega»

Die kleinere Schlitzbreite von  $t = 0,4\text{ m}$  und die Lage des Schlitzes im Scheitel der Wirbelröhre «Omega» begünstigen die Ausprägung einer Geschiebe räumenden Spiralströmung und gewährleisten auch bei horizontalem Einbau und kleinen Wasserspiegeldifferenzen zwischen Oberwasserkanal und Restwasserstrecke den Transport des in die Röhre einge-



**Bild 4. Längskomponente der Fließgeschwindigkeiten  $v_R$  entlang der Röhrenachse in Abhängigkeit des Gesamtabflusses der Limmat in der Wirbelröhre Typ «Omega» bei Abflüssen von  $400 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $500 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $600 \text{ m}^3/\text{s}$ .**

zogenen Geschiebes. Durch die strömungsgünstige Lage der Röhre, die bedeutend stärker in die Sohle eingebettet ist, können Strömungsablösungen oder lokale Beschleunigungen der Strömung vermieden werden, wodurch sich zwischen dem Röhrenende und dem rechten Ufer praktisch kein Kolk mehr ergibt. Bedingt durch die höhengleiche Lage beider Schlitzränder kann auf der Sohle hüpfendes Geschiebe vereinzelt die Schlitzöffnung überspringen. Dieses Geschiebe lagert sich im Strömungsschatten unterstrom der Röhre ab.

Mit diesem Röhrentyp liessen sich, je nach Grösse und Anordnung, etwa 94% des im Oberwasserkanal transportierten Geschiebes in die Restwasserstrecke abführen. Dieser Wirkungsgrad bezieht sich auf ein Abflussereignis entsprechend der Geschiebe führenden Abflüsse des Jahres 1999.

#### 4.3 Typ «Sigma»

Neben einer nahezu vollständigen Aufnahme aller – auch der hüpfenden – Geschiebekomponenten durch die Frontfassung besitzt die Wirbelröhre «Sigma» ebenfalls ein gutes Geschiebetransportvermögen. Der Wirkungsgrad dieser Röhre lag bei 91% für einen konstanten Abfluss von  $600 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Das in die Strömung ragende obere Schlitzende verursacht, wie bei der projektierten Variante, einen Aufstau und lokale Beschleunigungen der Strömung am rechten Röhrenende. Ein Anwachsen der Geschiebebank entlang des Streichwehres, Kolkbildung

vor der Röhre und Ablenkung eines Teils des auf der Kanalsohle herantransportierten Geschiebes in den Kolk waren die Folge.

#### 5. Diskussion

Neben den geometrischen Parametern wird die Funktion der Wirbelröhre im Wesentlichen durch die Energiehöhendifferenz zwischen dem Oberwasserkanal und der Restwasserstrecke beeinflusst. Sie ist die Voraussetzung zur Erzeugung einer Fließbewegung in der Wirbelröhre und ist abhängig vom Gesamtabfluss der Limmat. Bei höheren Abflüssen werden die hydraulischen Verhältnisse durch die Angleichung der Wasserspiegel immer ungünstiger für den Betrieb einer Wirbelröhre und führen im Extremfall zu einer eingeschränkten Funktion der Wirbelröhre. Bild 4 zeigt die Längskomponente der Fließgeschwindigkeiten  $v_R$  entlang der Röhrenachse in Abhängigkeit des Gesamtabflusses der Limmat. Bei einem Abfluss von  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  ist die Wasserspiegeldifferenz zwischen Oberwasserkanal und Restwasserstrecke relativ gross, sodass die Fließgeschwindigkeit in der Röhre um ca.  $2,0 \text{ m/s}$  höher liegt als bei einem Abfluss von  $600 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tendenziell zeigte sich diese Geschwindigkeitsverteilung entlang der Röhrenachse bei allen getesteten Wirbelröhrentypen.

Im hydraulischen Modell wurden Versuche mit Abflüssen bis zu  $640 \text{ m}^3/\text{s}$  durchgeführt. Bei Abflüssen bis  $500 \text{ m}^3/\text{s}$  arbeiteten Wirbelröhren des Typs «Omega» zuverlässig. Bei Abflüssen ab  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  sinkt die Kapazität

der Wirbelröhre, Geschiebe abzuführen, und es kann zeitweise zu Verlegungen mit Geschiebe kommen. In den meisten Fällen lösten sich diese innerhalb weniger Minuten und die Wirbelröhre arbeitete normal. Für den Einsatz unter realen Bedingungen ist zu beachten, dass es sich bei Abflüssen von  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  um hydraulische Spitzenbelastungen mit einer sehr geringen Eintretenswahrscheinlichkeit handelt. Bild 5 zeigt eine Wirbelröhre des Typs «Omega» nach einer hydraulischen Belastung mit  $640 \text{ m}^3/\text{s}$  und einer Versuchsdauer, welche der Dauer der Geschiebe führenden Abflüsse des Jahres 1999 entspricht. Erkennbar ist eine Angleichung der Geschiebebank an die angeströmte Seite der Wirbelröhre bis auf Höhe des oberstromigen Schlitzrandes. Durch das freie, rechte Röhrenende wird ebenfalls herantransportiertes Geschiebe abgezogen.

Anders als bei Mitalo (1988), welcher ein Verhältnis von Schlitzbreite zu Röhreninnendurchmesser von  $0,1 \leq t/D \leq 0,2$  für Versuche auf ebener Sohle und mit Quarzsand als Modellgeschiebe empfiehlt, wurden in dieser Untersuchung die höchsten Wirkungsgrade mit einem Verhältnis von  $t/D \approx 0,3$  erreicht. Das Optimum für  $t/D$  dürfte somit von der Korngrösse des abzuführenden Geschiebes abhängig sein.

#### 6. Folgerungen

Die Untersuchungen zeigten, dass grundsätzlich alle drei Typen von Wirbelröhren unter Hochwasserbedingungen zum Abzug von laufendem Geschiebe geeignet sind.



**Bild 5. Wirbelröhre «Omega», Versuchsende nach einer hydraulischen Belastung entsprechend der Geschiebe führenden Abflüsse des Jahres 1999; Erkennbar ist die Anpassung der Geschiebebank an die angeströmte Seite der Wirbelröhre.**

Entscheidend für den Einsatz einer Wirbelröhre im gekrümmten Oberwasserkanal des Kraftwerkes Schiffmühle oder in vergleichbaren Situationen bei anderen Flusskraftwerken ist eine optimale Anpassung an die morphologischen Verhältnisse im Kraftwerkskanal. Im vorliegenden Fall wurde dies durch die nahezu vollständige Integration der Wirbelröhre in die Geschiebebank erreicht. Infolge der Kurvensituation wird das Geschiebe vor allem an der Kurveninnenseite entlang des Streichwehres transportiert, sodass die Röhrenlänge auf etwa die Hälfte der Kanalbreite reduziert werden konnte. Dies hat erheblich zum strömungsgünstigen Einbau der Wirbelröhre beigetragen.

Mit der optimierten Anordnung konnten hohe Wirkungsgrade, geringe Störungen der Abflussverhältnisse im Oberwasserkanal sowie eine weitgehende Vermeidung der Kolkerscheinungen im Nahbereich des Bauwerkes erreicht werden. Die Röhrentypen «Omega» und «Sigma» mit Innendurchmessern von  $D = 1,20$  m, einer Schlitzbreite von  $t = 0,4$  m und einer Röhrenlänge von  $10,0$  m lieferten hier gute Ergebnisse.

Beim Abzug von Geschiebe aus dem Oberwasserkanal in die Restwasserstrecke ist mit dem Einsatz einer Wirbelröhre eine deutliche Reduzierung der Geschiebeakkumulationen im Stauraum zu erwarten.

Die abflussbedingte, kontinuierliche Durchleitung von Geschiebe in die Restwasserstrecke gleicht das gegenwärtige Geschiebedefizit flussabwärts des Kraftwerkes Schiffmühle aus und trägt zur Verbesserung des natürlichen Sohlensubstrates der Limmat bei.

Technisch unkomplizierte Bauwerke wie Wirbelröhren lassen sich unter ähnlichen Bedingungen wie beim Kraftwerk Schiffmühle auch in gekrümmten Kanälen anderer Flusskraftwerke mit kurventypischer Sohlentopografie einsetzen.

#### Danksagung

Die Autoren bedanken sich beim Auftraggeber, der Limmat-Kraftwerke AG Baden, und beim projektierenden Ingenieurbüro Schälchli, Abegg + Hunzinger für die Bereitstellung des Datenmaterials, die durchgeführten Berechnungen und die konstruktive Zusammenarbeit.

Der Beitrag wurde ebenfalls im Tagungsband zum Internationalen Symposium moderne Methoden und Konzepte im Wasserbau 2002 in Zürich veröffentlicht (Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie [VAW], Nr. 175, Band 2, ETH Zürich, 2002).

#### Literatur

Bundesamt für Wasser und Geologie (2000): Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz, 1999.

Mtalo, F. (1988): Geschiebeabzug aus Kanälen mit Hilfe von Wirbelröhren, Berichte der Versuchsanstalt Oberrach und des Lehrstuhls für Wasserbau und Wassermengenwirtschaft der Technischen Universität München, Nr. 58.

Task Committee on Preparation of Sedimentation Manual ASCE (1972): Chap. V: Sediment control methods: C. Control of sediment in canals. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 98, No. HY9.

#### Anschrift der Verfasser

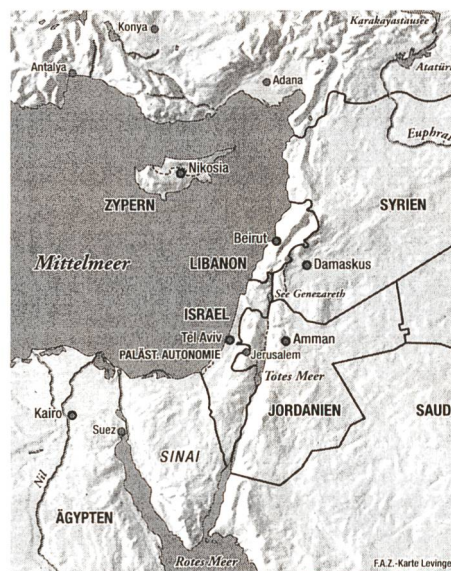
Dipl.-Ing. *Andreas Paul Schmidt* (schmidt@vaw.baug.ethz.ch); Dr.-Ing. *Gian Reto Bezzola* (bezzola@vaw.baug.ethz.ch), Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), Gloriastrasse 37–39, CH-8092 Zürich.

## Dem Nahen Osten geht das Wasser aus

In vielen Orten im Westjordanland ist das Wasser knapp und ungleich im täglichen Verbrauch pro Person: im palästinensischen Haushalt etwa  $60$  l und in Israel und den Siedlungen etwa  $350$  l. Neuerdings dürfen tagsüber keine Rasen bewässert, kein Auto mit fliessendem Wasser gewaschen und keine neuen Gärten angelegt werden. Im Jahr 2001 fehlten über  $500$  Mio.  $m^3$  Wasser. Allein  $218$  Orte im Westjordanland mit etwa  $200.000$  Einwohnern sind nicht an das Wasserleitungsnetz angeschlossen. In Israel wird der Wasserpreis für die Bauern künstlich niedrig gehalten; private Verbraucher zahlen viermal so viel. Bei zu geringen Niederschlägen wird die Frischwasserzuteilung für Landwirte um  $60\%$  gekürzt.

Der See Genesareth hat in diesem Jahr schon mehrere Alarmpegelstände unterschritten; sein Wasserspiegel wird wegen Verdunstung wohl bis Jahresende noch einmal um  $1$  m sinken. Schon wird das Wasser des Sees, aus dem Israel etwa  $40\%$  seines Trinkwasserbedarfs deckt, salziger. Dasselbe geschieht auch in den Grundwasserspeichern an der Küste, in die Meerwasser eindringt.

Das Tote Meer wird es in  $50$  Jahren nicht mehr geben, wenn sein Pegel wie bis-



her sinkt. Selbst in Jordaniens Hauptstadt Amman fliesst im Sommer oft nur noch stundenweise Wasser aus den Leitungen; einzelne Stadtviertel erhalten nur einmal in der Woche Trinkwasser aus dem Verteilungsnetz. Das gespeicherte Wasser muss für eine Woche zum Trinken, Duschen und Waschen reichen. Wer den Liefertermin verpasst oder seinen Vorrat zu früh verbraucht, muss den

teuren Tankwagen bestellen. Der Jordanier verbraucht täglich etwa  $70$  l Wasser. In den letzten Jahren fiel in Jordanien deutlich weniger Regen. In diesem Sommer litten die drei Städte Amman, Zarqa und Irbid unter einem Wassermangel von  $26$  Mio.  $m^3$ . Man will deshalb aus der nördlichen Region um Azraq jährlich  $10$  Mio.  $m^3$  Wasser in die drei Städte pumpen.

Israel hofft auf Abhilfe durch zwei sehr teure Projekte: Entsalzungsanlagen für verschmutztes Wasser und Meerwasser frühestens ab 2003 und Wasserlieferungen aus dem Fluss Manavgat der Türkei. Die in der gesamten Region herrschende Wasserknappheit lässt sich nur durch Projekte bewältigen, an denen Israel, die palästinensischen Autonomiebehörde und Jordanien zusammenarbeiten, was aber Frieden in der Region voraussetzt.

Neben dem Jordan ist der Fluss Jarmuk für Jordanien die wichtigste Wasserquelle, die es sich mit Syrien und Israel teilt. Syrien und der Libanon sind von Wasserknappheit bisher weniger betroffen als Jordanien, Israel und die Autonomiegebiete. So hatte Syrien im Jahr 2000 etwa dreimal mehr Wasser als Israel zu Verfügung und zehnmal mehr als die Palästinenser. B.G.