

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 94 (2002)  
**Heft:** 3-4

**Artikel:** Sicherheitprobleme durch Bauwerkskolk  
**Autor:** Herzog, Beatrice / Staubli, Richard  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-939621>

#### 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:** 24.02.2026

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

# Sicherheitsprobleme durch Bauwerkskolk

■ Beatrice Herzog, Richard Staubli

## Einleitung

Der Verlust der Tragsicherheit durch Ausspülungen an der Fundation ist die häufigste Ursache für das Versagen von Bauwerken im Wasser. Das jüngste Beispiel ist die in der Nähe von Porto (Portugal) eingestürzte Straßenbrücke über den Douro, wo 70 Menschen ums Leben kamen. Auch in der Schweiz bestehen zahlreiche Bauwerke im Wasser, welche potenziell kolkgefährdet sind.

Die grösste Koltiefe wird bei Sturm oder Hochwasserabflüssen erreicht, wenn die Überwachung und die Eingriffsmöglichkeiten eingeschränkt sind.

Die theoretische Behandlung des Kolkes ist wegen des komplexen Naturprozesses, wie anschliessend gezeigt wird, nur annäherungsweise möglich. Trotzdem muss der Ingenieur Entscheide über die genügende oder mangelnde Sicherheit eines Bauwerkes fällen. Im Folgenden wird aufgezeigt, wie die Problematik angegangen werden kann.



Bild 1. Leonardo da Vinci: «Il tecnico idraulico tra sapere e saper fare» (Quelle: Leonardo e le vie d'aqua, G. Barbera, Florenz 1983).

## Grundlagen

### Definition

Kolk kann definiert werden als die örtlich begrenzte Ausspülung von Sohlenmaterial als Folge einer lokalen Änderung der Erosivkraft des Wassers. Meist werden Ausspülungen unmittelbar am Bauwerk darunter verstanden. Der Begriff umschliesst aber auch die Erosion von grösseren Flussabschnitten («degradation scour»).

Kolk ist nicht nur ein Phänomen der Geschiebe führenden Flüsse, sondern tritt auch in kohäsiven Seeböden auf, hervorge-

rufen durch Strömungen am Seegrund und Wellenschlag.

### Koltypen und Gesamtkoltiefe

Allgemeiner Kolk (degradation scour  $d_d$ ) Hierbei handelt es sich um eine Erscheinung, die unabhängig vom betrachteten Bauwerk auftritt, z.B. als Folge von Änderungen in der Gerinnegeometrie oder der Geschiebezufuhr über die Zeit. So sind z.B. grossräumige Bewegungstendenzen der Gewässersohle häufig und in die Beurteilung des Gesamtkolkes mit einzubeziehen.

### Kolk durch Sohlenformen ( $d_{sp}$ )

Die Sohle eines Flusses ist im Querprofil nur selten eine Gerade und ändert ihre Form über die Zeit. Dies muss bei der Abschätzung des Gesamtkolkes berücksichtigt werden. Dabei sind stationäre Sohlenformen wie Kurvenkolk von instationären wie Kiesbänken oder Dünen zu unterscheiden.

### Einengungskolk (contraction scour $d_{sc}$ )

Durch eine Querschnittsverengung wird die Geschwindigkeit lokal erhöht und die Sohle senkt sich auf der Länge der Einengung ab. Dieses Phänomen kann rechnerisch recht gut erfasst werden.

### Lokaler Kolk (local scour $d_{sl}$ )

Hierbei handelt es sich z.B. um Pfeilerkolk, Buhnenkolk o.Ä., also Koltformen, die stark von der Form des Bauteils und vom Anströmwinkel abhängig sind (Bild 1). Zu deren Berechnung existiert eine Vielzahl von Formeln, die meist im Labor entwickelt wurden. Auch Ausspülungen in Seeböden können dazu gezählt werden.

### Gesamtkoltiefe $d_s$

Die Tiefe des zu erwartenden Kolkes ergibt sich aus allen genannten Einflüssen, die am betrachteten Bauteil (überlappend) auftreten. Die Gesamtkoltiefe beträgt damit

$$d_s = d_d + d_{sp} + d_{sc} + d_{sl}$$

### Koltentwicklung

Die zeitliche Entwicklung von Kolk unterliegt komplexen Einflüssen. Aus Sicht der Praxis ist entscheidend, dass bei hydrologischen Verhältnissen wie sie in der Schweiz vorkommen, die notwendige Ereignisdauer zur maximalen Koltentwicklung in der Regel gegeben ist.

### Messung von Koltiefen

An zahlreichen Brückenpfeilern, Ufermauern und Tosbecken wurden in den letzten Jahren von der Verfasserin Koltmessungen durchgeführt. Die Feldmessungen geben ein räumliches Bild der bei Mittelwasser erreichten Koltiefen und -formen.

Die Messungen werden in der Regel mit Ultraschall vom Boot aus durchgeführt. Die Lagemessung erfolgt mit Theodolit oder mit einem Messseil.

Bei geringen Wassertiefen sind auch terrestrische Aufnahmen möglich.

### Koltmessungen während Hochwasser

Aus Sicht der Sicherheitsbeurteilung interessiert vor allem die maximal erreichbare Koltiefe, also diejenige, welche während Sturm oder Hochwasser auftritt. Die während des Ereignisses erreichte Tiefe ist nachträglich kaum zu erfassen, da das Kolkloch bei Abklingen des Hochwasserabflusses teilweise wieder verfüllt wird.

Die Messung von Kolk während Hochwasserabflüssen auf Flüssen ist in der Praxis schwierig zu bewerkstelligen. Das Befahren des Gewässers bei Hochwasser birgt Gefahren für die eingesetzte Equipe. Ferner sind die Messwerte meist weniger zuverlässig und weniger genau als bei Niedrigwasser. So sind in der Fachwelt kaum Koltmessungen bei Hochwasserabflüssen dokumentiert.

Nachfolgend sind die Resultate zweier Messungen dargestellt, welche beide während Hochwasser durchgeführt wurden (Bild 2). Gut sichtbar ist die Änderung der Koltiefe und auch der Koltform unter Einfluss des Hochwassers.

### Folgen von Kolk

In der Schweiz bestehen heute noch zahlreiche Brückenpfeiler mit Flachfundationen wie auch ungezählte Laufmeter Längsverbauungen an Seen und Fließgewässern, welche ungenügend tief fundiert oder durch grosse Sohlschwankungen kolkgefährdet sind. Viele Mittellandflüsse zeigen heute ausserdem eine Tendenz zur Eintiefung, was Auswirkungen auf Brücken und Uferverbauungen hat. Seit den 70er-Jahren werden Bauwerke im Wasser meist auf Pfählen fundiert. Die Problematik ist daher bei neueren Bauten geringer.

Bei flach fundierten Bauwerken führt eine Unterkolkung zu einem direkten Tragsicherheitsverlust. Ausserdem sind Folge-

schäden wie Risse, Setzungen, Ausspülung der Fugen usw. häufig.

Ist das Bauwerk auf Pfählen fundiert, so hat der Kolk zwei Wirkungen: Einerseits wird die Mantelfläche für die Lastabtragung reduziert, andererseits können die Pfähle nur noch vermindert Horizontalkräfte aufnehmen. Letzteres kann zu einem Ausknicken führen. Bei Holzpfählen besteht auch die Gefahr der Abrasion des Pfahlkopfes. Bei Ufermauern kommt es oft zu Setzungen hinter der Mauer.

Bauwerke mit Caissonfundation sind im Allgemeinen gut geschützt. Vermindert sich jedoch die Einbindetiefe erheblich, verhalten sie sich wie Flachfundationen.

Einerseits stellt Kolk also selbst ein Sicherheitsproblem dar, andererseits können durch Kolk weitere Schäden am Bauteil verursacht oder deren Fortschritt beschleunigt werden.

### Vorhersage von örtlichem Kolk

#### Berechnungsformeln aus der Kolktheorie

In der zahlreich vorhandenen Literatur werden ca. 35 unterschiedliche Kolkformeln für die Vorhersage des örtlichen Kolks vorgeschlagen. Die verwendeten Parameter sind im Allgemeinen dieselben, und zahlreiche Formeln folgen der Form

Kolktiefe am Pfeiler =

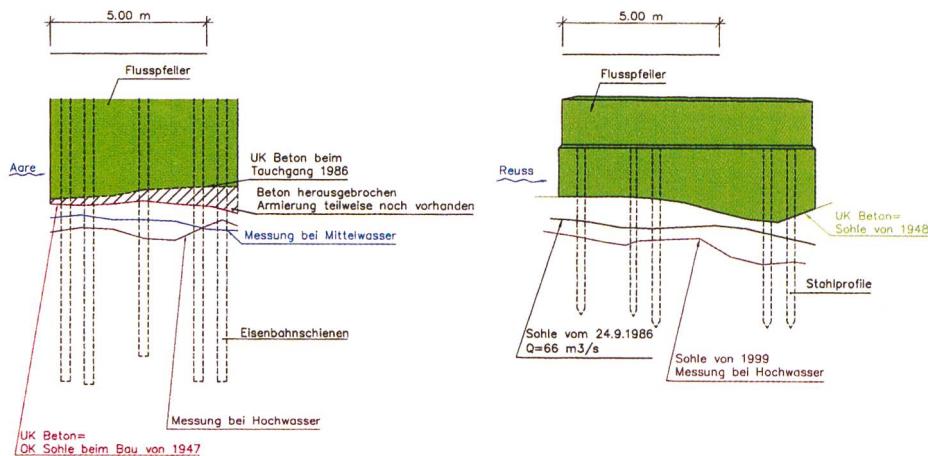
$$k \cdot \left(\frac{b}{y}\right)^n \cdot y \quad \text{resp.} \quad k \cdot \left(\frac{b}{y}\right)^n \cdot y \cdot F^m$$

$b$  = Pfeilerbreite,  $y$  = Wassertiefe,  $k$  = Faktor für Pfeilergeometrie und Anströmwinkel usw.,  $F$  = Froude-Zahl

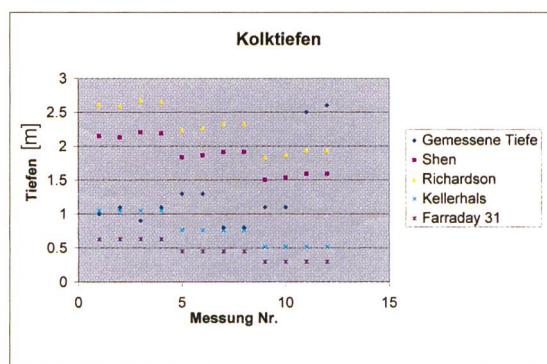
Einige der häufig verwendeten (und z.T. offiziell empfohlenen) Kolkformeln sind lediglich die Umhüllende anderer anerkannter Formeln und führen auf Kolktiefen, die für die Praxis zu konservativ sind. So schreibt Hamill [5]: «if they predicted the true state of affairs, there would be very few bridges still standing in Arizona...». Übertragen auf unsere Verhältnisse kann gesagt werden: Würde man sich nur auf Kolkformeln abstützen, würden zahlreiche nicht gefährdete Bauwerke unnötig trockengelegt und saniert, andernorts hingegen Gefährdungen übersehen.

#### Vergleich mit effektiv gemessenen Kolktiefen

Es wurden in mehreren Mittellandflüssen Feldmessungen von Kolktiefen mit den theoretischen Kolktiefen verglichen. Bild 3 zeigt die Ergebnisse für einen Brückenpfeiler in der Reuss.



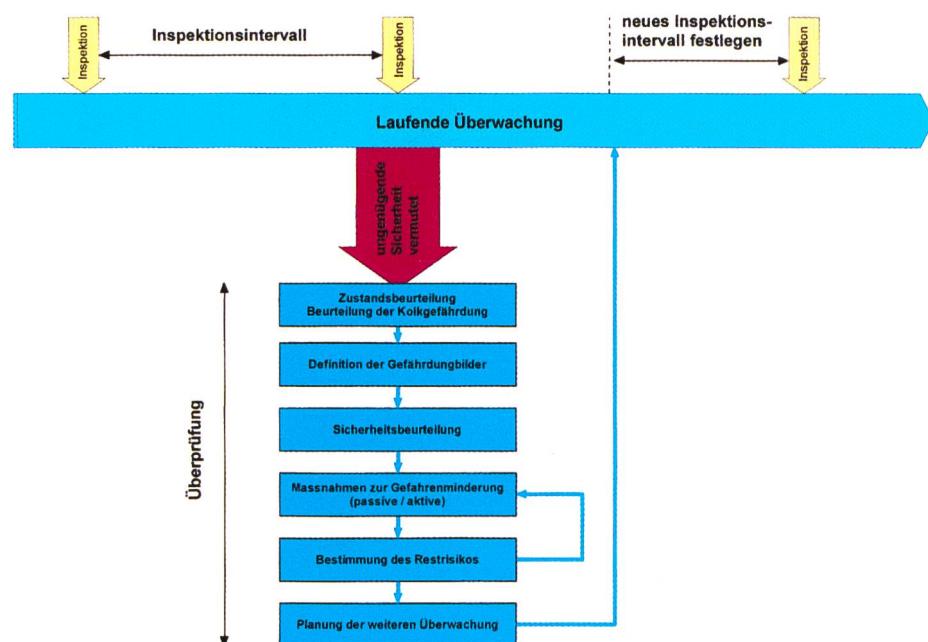
**Bild 2. Entwicklung der Flusssohle über längere Zeit. Die Messungen 1999 wurden während Hochwasserabflüssen rund um die Flusspfeiler durchgeführt (Aare im Vogelsang, Reuss bei Gnadenthal).**



**Bild 3. Vergleich von berechneten und effektiven Kolktiefen für verschiedene Abflüsse (zwei Pfeiler).**



**Bild 4. Bei einer Tauchinspektion können Unterkolkung wie auch Schäden am Bauteil festgestellt werden: freigelegte Armierung im Kolkloch einer nur siebenjährigen Brücke im Rhein.**



**Bild 5. Überwachung und Überprüfung.**

Es ist ersichtlich, dass die Feldmessungen erheblich von den Resultaten der verschiedenen Formeln abweichen. In Beispiel von Bild 3 wird die Kolktiefe bei Mittelwasser bei beiden Pfeilern tendenziell über-

schätzt, bei Hochwasser für einen Pfeiler deutlich unterschätzt (Messungen 11 und 12). Die Abweichungen sind jedoch nicht systematisch, sondern für jedes Bauwerk je nach lokalen Einflüssen verschieden.

## Probleme der Praxis

Die Berechnung der wahrscheinlichen Kolktiefe und damit auch die Dimensionierung von Schutzmassnahmen bereitet in der Praxis einige Probleme:

- Die meisten Formeln wurden im Labor entwickelt. Oft ist der Gültigkeitsbereich bezüglich Wassertiefe und Bauwerksabmessungen, vor allem aber bezüglich des Sohlenmaterials, unbekannt oder völlig ortsfremd. Es können ausserdem signifikante Massstabseffekte nachgewiesen werden [6]. Die Übertragbarkeit der Formeln ist stark eingeschränkt.
- Die Resultate verschiedener Kolkformeln unterscheiden sich um bis zu 500%. Es ist schwierig, die erwartete Kolktiefe ohne Messungen zuverlässig zu prognostizieren.
- Die konservative Abschätzung der Kolktiefe durch eine Umhüllende verschiedener Formeln ist fallweise für den Neubau von Bauteilen im Wasser durchaus geeignet, da eine tiefere Fundation einen Neubau oft nicht wesentlich verteuert. Für die Sicherheitsbeurteilung bestehender Bauwerke gemäss SIA 469 hingegen ist sie vollkommen ungeeignet.
- Für die Blockdimensionierung zu Kolschutzzwecken stehen zwar zahlreiche theoretische Ansätze zur Verfügung, hingegen sind die effektiven, lokal wirkenden Kräfte weitgehend unbekannt und können im Feld nicht gemessen werden. Dies betrifft z.B. Parameter wie die lokal vorherrschenden Geschwindigkeiten, aber auch die Druckverteilung (Turbulenzen) oder die lokale Konzentration der wirkenden Suspension.
- Lokale Gegebenheiten wie seitliche Zuflüsse, exakte Pfeilergeometrie (Caisson, Spundwände), das Verhältnis von Pfeilerbreite und Kolschutz zur Flussbettbreite usw. bleiben trotz grossem Einfluss auf die Kolktiefe in den meisten Formeln unberücksichtigt.

## Folgerungen

Die Prognose der maximalen Kolktiefe, aber auch die Dimensionierung der Massnahmen zur Verhinderung von Kolk (z.B. Blockwürfe) ist mittels theoretischer Berechnung nur annäherungsweise möglich. Dies kann sowohl zu Über- wie zu Unterdimensionierungen führen. Im Umgang mit der Kolkgefährdung sind daher ergänzende Ansätze notwendig, die der spezifischen Situation jedes Bauwerkes gerecht werden.

## Risikomanagement bei kolkgefährdeten Bauwerken

Der Werkeigentümer ist für die Sicherheit, aber auch die Wirtschaftlichkeit seiner Bau-

werke verantwortlich. Dies ruft nach einer adäquaten Strategie, die das Risiko richtig einschätzt, aber nicht für jedes Bauwerk blindlings den «worst-case» (die Umhüllende) annimmt. Die Anwendung von Kolkformeln hilft dem Ingenieur, wie oben beschrieben, dabei nur teilweise weiter. Eine Strategie, die mehr verspricht, setzt auf Überwachung und Überprüfung gemäss Norm SIA 469. So werden beispielsweise bei den SBB die kolkgefährdeten Objekte periodisch durch Spezialisten überprüft.

## Überwachung und Überprüfung

Das wichtigste Element des Risikomanagements ist die Überwachungsplanung. Die Überwachung beinhaltet die laufende Beobachtung, z.B. durch eigenes Personal (Streckenunterhalt, Strassenunterhalt). Weiter gehören periodische oder fallweise angeordnete Inspektionen und Kontrollmessungen dazu. Dies sind bei kolkgefährdeten Bauwerken die Überwachung der Kolkentwicklung durch Messungen im Feld sowie die Untersuchung des Zustands mit Tauchern oder durch Trockenlegung (Bild 4).

Eine vollständige Überprüfung gemäss Norm SIA 469 wird dann erforderlich, wenn aufgrund der Überwachung eine ungenügende Sicherheit vermutet wird. Im Rahmen der Überprüfung wird eine umfassende Sicherheitsbeurteilung durchgeführt. Diese basiert auf den Ergebnissen der Inspektionen, einer Zustandsbeurteilung sowie den verschiedenen Anforderungen an das Bauwerk (Tragsicherheit, Bemessungshochwasser, Kolsicherheit usw.). Der Ablauf von Überwachung und Überprüfung ist in Bild 5 dargestellt.

Wenn aus der Überprüfung hervorgeht, dass das Restrisiko zurzeit noch akzeptabel ist und eine weitere Überwachung des Bauwerkes genügt, muss der Werkeigentümer festlegen, wie häufig und nach welchen Ereignissen die weiteren Inspektionen und Kontrollmessungen durchgeführt werden müssen. Wird die erforderliche Sicherheit nicht mehr erreicht, sind Massnahmen zur Risikominderung notwendig. Dies können passive Massnahmen wie eine permanente Überwachung während Hochwasserabflüssen und temporäre Sperrungen der Anlage sein. Wo solche Massnahmen nicht durchführbar sind oder nicht genügen, wird eine Instandsetzung oder ein Neubau notwendig (aktive Massnahmen).

## Wahl des Berechnungsansatzes für Prognosen

Ein wichtiger Teil einer Sicherheitsbeurteilung ist die Abschätzung der maximal erwarteten Kolktiefe (Lastfall). Es wurde oben beschrie-

ben, dass die verschiedenen Berechnungsansätze sehr unterschiedliche Resultate ergeben. Umso wichtiger ist es, die objekt-spezifische Situation im Feld in eine Gesamtbewertung mit einzubeziehen und die Berechnungen mit Feldmessungen am betroffenen Bauteil zu eichen. Mit Hilfe von räumlichen Messungen bei Hoch-, Mittel- und Niederwasser lässt sich der spezifische örtliche Verlauf der Kolkentwicklung eingrenzen, und die Berechnungen können verifiziert und eingestuft werden.

Insbesondere sollten bauwerksspezifische Eigenheiten wie die lokale Flussmorphologie, die Form des Bauteiles und der Anströmwinkel in die Wahl des Ansatzes mit einbezogen werden. So kann z.B. eine von der Pfeilerachse abweichende Strömungsrichtung oder ein seitlicher Zufluss die Situation erfahrungsgemäss vollkommen verändern und die Kolkprognose stark erschweren. In solchen Fällen können die theoretischen Kolkiefen auch weit übertroffen werden.

## Kolschutz an bestehenden Bauwerken

### Dimensionierungsgrundlagen

Für die Ausführung von baulichen Massnahmen müssen verschiedene Größen wie Pfahllängen, Tiefe der Unterfangung, Blockgrößen sowie weitere Bauteile wie Verbindungen, Stahlträger usw. dimensioniert werden. Als Grundlagen für die Dimensionierung sollten mindestens beschafft werden:

- Pläne des Bauwerkes, insbesondere der Fundation
- Definition der Nutzungszustände resp. Lastannahmen
- Hochwassermengen, Abflusstiefen und Fliessgeschwindigkeiten
- Abschätzung der maximalen Sohlschwankungen während Hochwasser
- Sturmexposition auf Seen
- Kolkmessungen in situ
- Wo möglich grossräumige Messungen der Sohlenlage über einen längeren Zeitraum zur Erkennung von Entwicklungstendenzen
- Unterwasserkontrolle durch Taucher

Für die Berechnung der lokal wirkenden Kräfte des Wassers auf den Kolschutz sollen begründbare Annahmen getroffen und wo möglich mit Messungen belegt werden.

### Begrenzen der Kolktiefe

Durch Blockwürfe kann die Kolktiefe begrenzt werden. In Seen sind solche Massnahmen oft genügend. In grösseren Flüssen werden Blockwürfe häufig durch Wegrollen oder Eingraben der Blöcke innert weniger Jahre



**Bild 6.** Entscheidend für die Wirkung des Kolkschutzes ist die Qualität der Ausführung. Die Blöcke werden unter Wasser einzeln versetzt (Aarebrücke bei Koblenz).

wieder zerstört. Ein Grund dafür kann in der Überdimensionierung des Blockwurfs liegen, wenn der Abflussquerschnitt signifikant eingeengt wird. Andere Schwachpunkte sind Filterkriterien und Böschungswinkel. Entscheidend ist auch die konstruktive Ausbildung des Blockwurfs (Bild 6). In den letzten Jahren wurden an verschiedenen Brückenpfeilern in Mittellandflüssen speziell gesicherte Blockwürfe eingebaut. Die Sicherung erfolgte mit Stahlprofilen. Zudem wurden nicht einheitlich grosse Blöcke verwendet, sondern eine abgestufte Mischung mit maximaler innerer Abstützung.

Sowohl im Rhein bei Zurzach wie auch in der Aare bei Koblenz und in der Reuss bei Dietwil hatten solche Kolkenschutzkonstruktionen beim Hochwasser im Mai 1999 bereits die erste «Wasserprobe» zu überstehen. Nachkontrollen mit Echolot und Tauchern zeigten, dass mit dieser Bauweise eine gute Stabilität erreicht wird, ohne dass der Pfeiler beim Bau trockengelegt werden muss. Inzwischen wurden weitere Blockwürfe dieser Art ausgeführt (Bild 7).

Unbefriedigende Resultate zeigen hingegen oft Befestigungen mit betongefüllten Matten, wie sie in Nordamerika häufig zur Anwendung kommen. Auch die Erweiterung der Fundamentplatten oder Fallböden aus Beton lösen das Problem nicht, da deren Rauigkeit zu klein ist und die Unterspülungen nur verschoben werden.

#### Vergrössern der Fundationstiefe

Durch eine genügend tiefe Einbindung des Bauteiles wird die mutmassliche Kolktiefe abgefangen. Der Kolkentwicklung kann dann freier Lauf gelassen werden. Die Unterfangung grösserer Bauteile erfordert eine Pfahlfundation. Eine solche wurde z.B. in der Reuss an einer bestehenden Brücke ausge-



**Bild 7.** Rammen von Eisenbahnschienen in der Strömung (Thurbrücke bei Müllheim).

führt, wo der unterspülte Mittelpfeiler einer 90-jährigen Brücke auf vier Mikropfähle abgestützt wurde (Bild 8).

#### Neubauten

Bei Neubauten ist die Vorhersage der Kolktiefe weniger problematisch, da die Mehrkosten für entsprechend tiefere Fundationen nicht stark ins Gewicht fallen. Kolk ist als wichtiges Gefährdungsbild in die Dimensionierung von Neubauten mit einzubeziehen. Flachfundationen in Geschiebe führenden Flüssen und exponierten Seelagen sollten der Vergangenheit angehören. Wichtige Entwurfsgrössen wie Anströmwinkel, Pfeilerform usw. sollten im Hinblick auf die Verminderung der Kolkgefährdung gewählt werden.

#### Schlussfolgerungen

Die Kolkproblematik ist umfassend und betrifft Uferverbauungen an Seen und Flüssen ebenso wie Brückenpfeiler oder Querwerke. Grossräumige Entwicklungen der Gewässersohle und lokale Effekte addieren sich und müssen berücksichtigt werden.

Die theoretische Behandlung des Kolkes ist aus Sicht der Praxis für die Sicherheitsbeurteilung bestehender Bauten ungenügend. Abhilfe für jedes Bauwerk schafft eine massgeschneiderte Strategie aus lau-



**Bild 8.** Vom Ponton aus werden in der Strömung Mikropfähle gebohrt (Brücke über die Reuss bei Gnadenthal).

fender Überwachung, periodischer Überprüfung mit umfassender Sicherheitsbeurteilung sowie passiven und aktiven Schutzmassnahmen. Bauwerkskataster und eine vorausschauende Überwachungsplanung unterstützen den Werkeigentümer beim Risikomanagement und der Werterhaltung.

Bei der Planung von Neubauten im Wasser ist Kolk ein wichtiges Gefährdungsbild.

#### Literatur

- [1] Bundesamt für Strassen, Bundesamt für Verkehr, Bundesamt für Wasserwirtschaft, SBB: Sicherheit von Bauwerken im Wasser, Bern 1998, erhältlich bei der EDMZ.
- [2] R. V. Farraday, F. G. Charlton: Hydraulic Factors in Bridge Design, Wallingford 1983.
- [3] H. N. C. Breusers, A. J. Raudkivi: Scouring, IAHR 1991.
- [4] ASCE Standard: Flood resistant Design and Construction, Virginia 2000.
- [5] L. Hamill: Bridge Hydraulics, London 1999.
- [6] G. Oliveto, W. H. Hager: Pfeiler- und Widerlagerkolke an Brücken, wel 1/2-2001.
- [7] Div. Projektauswertungen, Staubli, Kurath & Partner AG, Zürich/Zug/Davos/Bern 1991–2002.
- [8] Norm SIA 469, Erhaltung von Bauwerken.

#### Anschrift der Verfasser

Beatrice Herzog, dipl. Ing. ETH/SIA, Richard Staubli, dipl. Ing. ETH/SIA, Staubli, Kurath und Partner AG, Bachmattstrasse 53, CH-8048 Zürich.