

# Naturnaher Ausbau kleiner Bäche: Sohlenstabilisierung mittels Blockrampen

Autor(en): **Chervet, André / Weiss, Heinz Willi**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **108 (1990)**

Heft 42

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77535>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Naturnaher Ausbau kleiner Bäche

Sohlenstabilisierung mittels Blockrampen

**Blockrampen ohne Verwendung von Beton bieten eine gute Möglichkeit, natürliche Bachsohlen an ausgewählten Punkten zu sichern. Im nachfolgenden Artikel werden grundsätzliche Dimensionierungsregeln erläutert und konstruktive Hinweise vermittelt. Sie ergeben sich anhand von diversen ausgeführten Beispielen sowie aufgrund von eingehenden hydraulischen Modellversuchen. Mittels der Angaben kann vor allem die Vordimensionierung rasch bewerkstelligt werden.**

Mit «kleinen Bächen» sind im folgenden Gewässer bis etwa fünf Meter Sohlenbreite gemeint. Wenn ein Ausbau

VON ANDRÉ CHERVET UND  
HEINZ WILLI WEISS,  
ZÜRICH

notwendig wird, so stellt sich die Frage, wieweit naturnahe Methoden zur Anwendung gelangen können. Blockrampen (auch Sohlrampen genannt) eignen sich vor allem in Situationen, wo eine seitliche Ausdehnung eine optimale Gestaltung erlaubt.

Blockrampen als Fixpunkte zur Stabilisierung der Sohle ohne Verwendung von Beton werden vor allem bei grösseren Fliessgewässern zahlreich angewendet. Sie weisen dann meistens eine flache Neigung (ca. 1:10) und eine grosse Ausdehnung auf. Die Anwendung bei kleinen Bächen ist weniger bekannt, obwohl sie sich auch dort sehr gut zur Abstufung des Gewässerlaufes eignen. Durch geschicktes Setzen der Blöcke kann eine sehr naturnahe Gestaltung erreicht werden (Bilder 1, 2, 3). Mit steilem Rampengefälle (bis ca. 1:3) kann über kurze Distanz eine beträchtliche Höhendifferenz überwunden werden.

Auf einer solchen Blockrampe wird das Wasser auf der Rampenkrone beschleunigt und schießt dann über die geneigte, rauhe Rampe. Am Rampenfuss entsteht, bedingt durch den Rückstau vom Unterwasser her, ein Wassersprung. Im Wassersprung und unmittelbar danach wird Energie umgewandelt. Daher bildet sich in kiesigem Material eine Kolkwanne. Bild 4 zeigt den Strömungsvorgang über eine Blockrampe.

## Blockrampe und Bachlauf

Blockrampen stellen eine ökologisch vorteilhafte Alternative zu Abstürzen dar. Mit der Strömung werden dauernd

pflanzliche und tierische Lebewesen bachabwärts verfrachtet. Experimente sowie Naturbeobachtungen haben gezeigt, dass sich viele Gruppen von wirbellosen Wassertieren auch instinktiv treiben lassen, zum Beispiel bei Futterknappheit, als lebensrettendes Verhalten bei Hochwasser oder beim Austrocknen des Gewässers. Diese sogenannte «Drift» bewirkt generell eine Verarmungstendenz im Oberlauf. Verschiedenes Ausbreitungsverhalten der betroffenen Organismen wirkt dem allerdings entgegen, unter anderem durch

- Aufwärtsflüge von Insekten zur Eiablage
- Aufwärtswanderung flugunfähiger, erwachsener Insektenarten an Land
- Aufwärtswanderung von Larven im Wasser [1, 2, 3].

Neben Fischen wandern also auch wirbellose Tiere zeitweise im Wasser aufwärts. Für viele bilden senkrechte, bandförmig überströmte Abstürze vermutlich unüberwindbare Hindernisse.

Damit wird ihre Ausbreitung behindert. Blockrampen sind aufgrund ihres breiten Strömungsspektrums wohl grundsätzlich leichter passierbar.

Damit Blockrampen eine möglichst ungehinderte Wanderung der Fische – bachabwärts als auch -aufwärts – erlauben, ist am Fuss der Rampe ein möglichst tiefer und breiter Kolk (Fischgumpen) erwünscht. Den daraus entstehenden Stabilitätsproblemen der Rampe kann durch konstruktive Massnahmen begegnet werden. Die Tiefe des Kolkes hängt, abgesehen vom Sohlenmaterial und von der Unterwassertiefe, vor allem von der Länge und Neigung der Rampe ab. Tiefe Kolke ergeben sich mit zunehmender Steilheit. Vor allem in kleinen Bächen passen sich kurze, steile Rampen zudem besser in die Landschaft ein als lange, flache. Sie treten optisch noch weniger auffällig in Erscheinung, wenn die seitlichen Böschungen bepflanzt werden.

Im Gegensatz zum herkömmlichen Tosbecken wird bei Hochwasser an der Blockrampe nur ein kleiner Teil der überschüssigen Energie umgewandelt. Die Bachstrecke unterhalb der Rampe ist daher einer stark turbulenten Strömung mit heftiger Wellenbildung ausgesetzt. Dem seitlichen Böschungsschutz muss somit besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

## Dimensionierungsgrundlagen

Bei der Dimensionierung einer Blockrampe steht die Bestimmung der Block-



Bild 1. Blockrampe am Mederbach in Marthalen, Blick bachaufwärts



Bild 2. Blockrampe Mederbach Martha- len mit Fischgumpen, kurz nach der Fertigstellung Dezember 1984, Blick bachabwärts

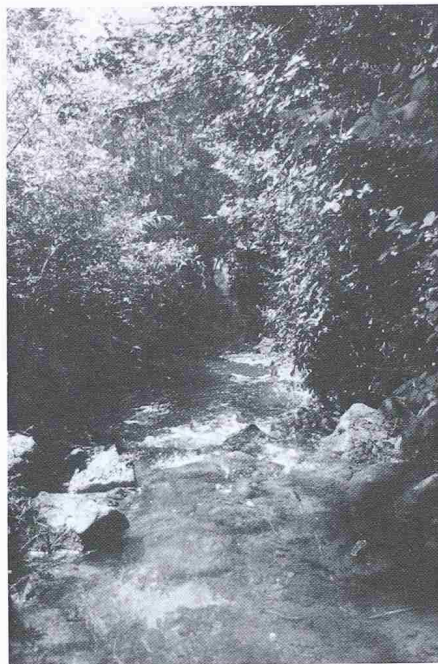


Bild 3. Blockrampe Mederbach Martha- len mit Vegetationssaum Juni 1989, Blick bachabwärts

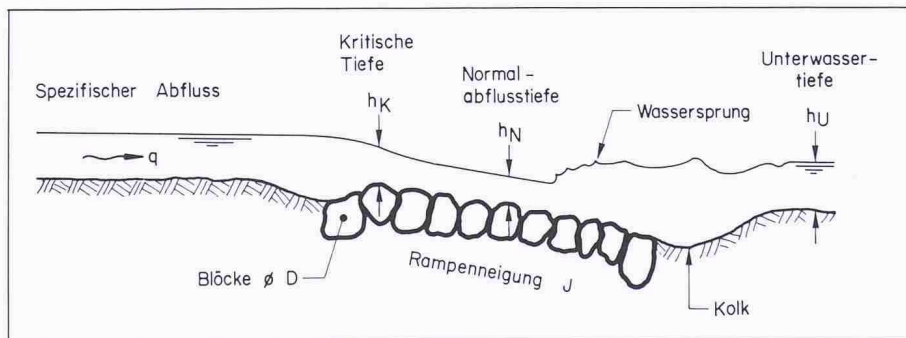


Bild 4. Prinzipskizze einer Blockrampe

grösse  $D$  in Funktion des zulässigen spezifischen Abflusses  $q$ , der Rampenneigung  $J$ , der Belegdichte der Blöcke  $Beta$  sowie der Beschaffenheit des Untergrundes im Vordergrund. In der Literatur (Knauss [4]) findet man als Richtzahlen, dass der spezifische Abfluss über eine Rampe 1:10, mit Blöcken von  $D = 1,2$  m auf  $q = 9$   $m^3/s \cdot m$  zu begrenzen sei. Als maximal mögliche Rampenhöhe sind 3 m angegeben.

Der spezifische Abfluss  $q$  ist definiert als die totale Abflussmenge dividiert durch die mittlere Breite. Die zur Dimensionierung verwendete Abflussmenge entspricht dem maximalen Abfluss, falls die Rampe hydraulisch wirksam ist. Gemäss Definition ist eine Rampe *hydraulisch wirksam*, wenn sich über ihr *schliessender Normalabfluss* bildet.

Die Stabilität einer Blockrampe kann bei Hochwasser durch einen von drei Mechanismen beeinträchtigt werden:

- Einzelne Blöcke der Rampe werden durch die Strömung aus dem Gefüge der Rampe herausgerissen.
- Durch Auswaschen des Untergrundmaterials kann die Rampenkonstruktion instabil werden.
- Ein Abrutschen der Blockrampe ins Kolkloch am Fuss der Rampe erfolgt, wenn die Rampe zu wenig tief fundiert ist.

Die an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich (VAW) durchgeführte Untersuchung (Whittaker + Jäggi [5]) zeigt den Weg auf, wie eine stabile Blockrampe dimensioniert werden kann. Dazu sind diese Mechanismen als Formeln bzw. *Kriterien* erfasst worden. Es geht dabei darum, eine oder mehrere der Grössen wie Rampenneigung und -höhe (oder -länge), Blockgrösse, Packungs- und Belegdichte zu wählen. Als *erstes Kriterium* für die Stabilität der verwendeten Blöcke gegen die Ero-

sionswirkung der Strömung gilt folgende Beziehung:

$$\frac{q}{\sqrt{gD_{65}^3(s-1)}} \leq \frac{0,257}{J^{7/6}}$$

Dabei bedeuten:

- $q$  spezifischer Abfluss über die Rampe in  $m^3/s \cdot m$
- $D_{65}$  charakteristischer Blockdurchmesser der verwendeten Blockmischung in m
- $s$  relative Masse der Blöcke gegenüber Wasser (z.B. 2,65)
- $J$  Neigung der Rampe
- $g$  Erdbeschleunigung in  $m/s^2$ .

Wertet man dieses Kriterium aus, erhält man die in Bild 5 dargestellten Beziehungen zwischen spezifischem Abfluss  $q$ , Rampenneigung  $J$  und stabilem Blockdurchmesser  $D_{65}$  der Mischung von losen Blöcken (Kriterium 1). Bei Anwendung dieser Kurven für die Dimensionierung einer Blockrampe soll dafür gesorgt werden, dass bei der Naturausführung die verwendete Blockmischung etwa die in Bild 6 gezeigten Abmessungsverteilungen aufweist. Die grösste Rampenstabilität wird durch eine dichte Bauweise, d.h. durch das Versetzen der Blöcke als Packung mit senkrecht stehender  $a$ -Abmessung erhalten (Bild 6), womit an die obere Grenze des Kriteriums 1 gegangen werden kann. Bei lockerer Bauweise andererseits soll eine Sicherheitsmarge des zulässigen spezifischen Abflusses in der Grössenordnung von 10 bis 20% vorgesehen werden, was einen entsprechend erhöhten Blockdurchmesser zur Folge hat.

Die aufgeführte Formel ist, wie eingangs erwähnt, gültig unter der Voraussetzung, dass auf der Rampe schliessender Normalabfluss auftritt. Ist dies nicht der Fall, zum Beispiel weil die Rampe kurz (bzw. wenig hoch) ist und/oder weil sie vom Unterwasser her eingestaut ist, so sind die destruktiven Kräfte kleiner als bei der Herleitung der Formel angenommen. In diesem Fall führt die Formel zu einer Überdimensionierung, d.h. zur Wahl von grösseren Blöcken, als notwendig wäre. Darauf wird noch im Kapitel «Dimensionierungshinweise» eingegangen.

Das Kriterium 1 ist gültig, sofern der Untergrund grobkörnig ist ( $D/d$  etwa kleiner/gleich 10, wobei  $d$  dem Durchmesser des unter den Blöcken liegenden Untergrundmaterials entspricht und konsequenterweise als  $d_{65}$  eingesetzt wird). Ist diese Bedingung erfüllt, besteht keine Gefahr des Auswaschens von Sohlenmaterial.

Falls der Untergrund feinkörnig ist (d.h.  $D/d$  grösser als etwa 10), wird das zweite Kriterium für die Stabilität der Blockrampe zusätzlich massgebend (Sicherheit gegen Auswaschen):

$$q \leq 14,9 \frac{\beta^{2,35}}{J^{1,9} D_{65}^{0,85}} \left( \frac{d_{65}}{D_{65}} \right)^2$$

Darin bedeuten:

- $\beta$  Beta, die Belegungsdichte in  $t/m^2$ , entsprechend etwa  $1,5 t/m^3 \cdot D_{65} m$  für eine einlagige Blockrampe
- $d_{65}$  massgebender Korndurchmesser des Sohlenmaterials  $m$

Man kann nun dieses Kriterium 2 zusätzlich auswerten, indem zum Beispiel das gewählte Spektrum von Rampenneigungen  $J$  in die Gleichungen Kriterium 1 und 2 eingesetzt und diese miteinander kombiniert werden. Daraus ergibt sich in Bild 5 die zusätzliche Kurvenschar der Beziehungen zwischen spezifischem Abfluss  $q$ , massgebendem Korndurchmesser des Sohlenmaterials  $d_{65}$  sowie charakteristischem Blockdurchmesser  $D_{65}$ . Die Schnittpunkte der beiden Kurvenscharen definieren jeweils die vier Grössen  $q$ ,  $D_{65}$ ,  $J$  und  $d_{65}$  für Rampen, die sowohl gemäss Kriterium 1 als auch Kriterium 2 gerade stabil sind. Bild 5 erlaubt demnach eine graphische Dimensionierung der Blockrampe entsprechend diesen beiden Kriterien. Zu beachten sind dabei allerdings die Abflussverhältnisse über die Rampe, wie eingangs erläutert.

Die Schnittpunkte in Bild 5 basieren auf der Annahme einer einlagigen Blockrampe mit dicht aneinandergesetzten Blöcken und der oben angegebenen Belegungsdichte  $\beta$  von  $1,5 \cdot D_{65}$ . Für mehrlagige Rampen kann der  $\beta$ -Wert in der Formel für das zweite Stabilitätskriterium entsprechend erhöht werden. Es gilt dann für dieses Kriterium nicht mehr Bild 5, sondern der mit der Formel errechnete Wert des zulässigen spezifischen Abflusses  $q$ . Als Alternative zur mehrlagigen Rampe kann allerdings auch eine Filterschicht eingebaut werden (siehe Kapitel «Dimensionierungshinweise»).

Um im Rahmen des dritten Stabilitätskriteriums ein Abrutschen der Blockrampe zu verhindern, soll die Tiefe des Kolkes als Richtgrösse für die Fundation der Blockrampe benützt werden. Sie ist Funktion der Korngrösse  $d_{90}$  des Sohlenmaterials, der Normalabflusstiefe, des spezifischen Abflusses und der Unterwassertiefe. Bei feinem Sohlenmaterial kann schon ein kleiner Abfluss ein tiefes Kolkloch bilden. Die maximale Kolktiefe  $t$  kann mit folgendem Ansatz abgeschätzt werden

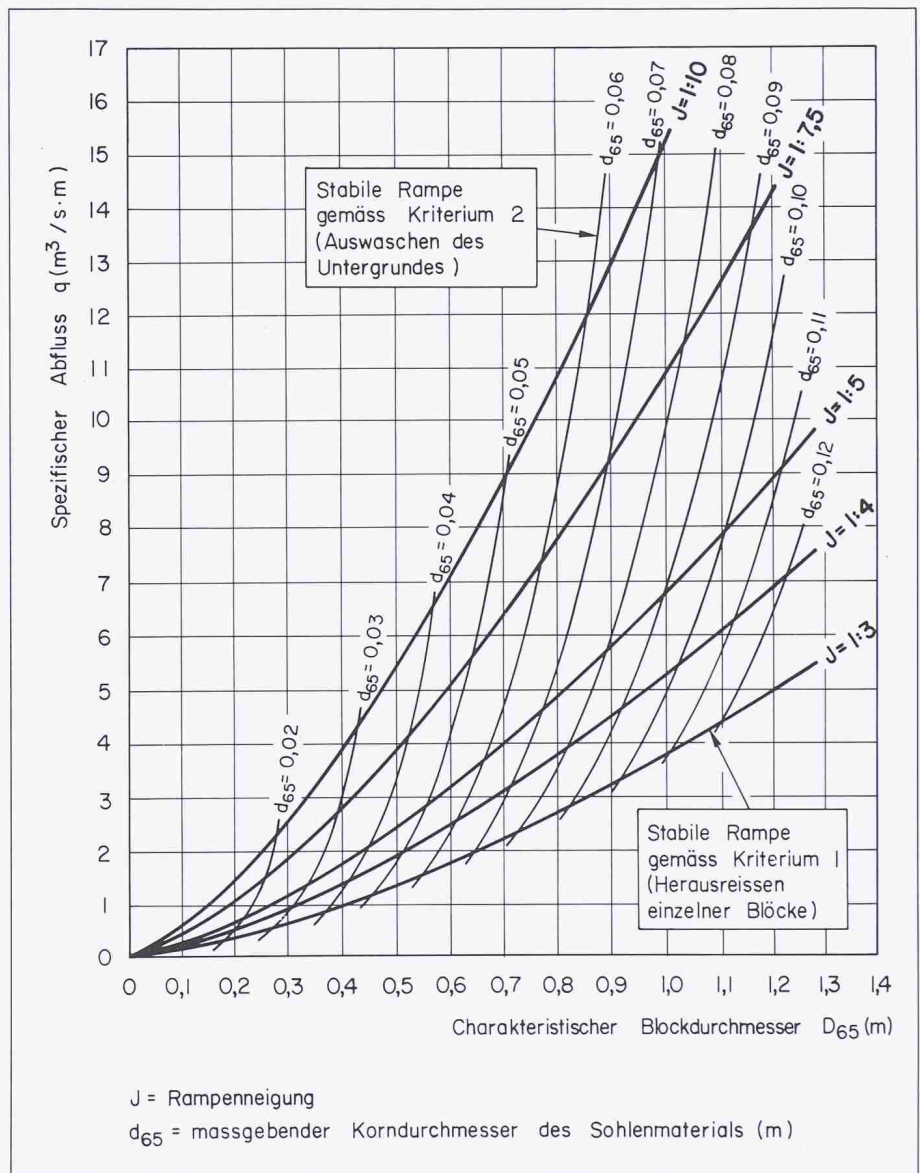


Bild 5. Graphische Darstellung der Stabilitätskriterien 1 (Herausreissen einzelner Blöcke) sowie 2 (Auswaschen des Untergrundes) für verschiedene Rampenneigungen, gerechnet für eine einlagige Blockrampe

(Tschopp-Bisaz, modifiziert gemäss [5]):

$$t + h_U \cong 0,85 q^{0,5} \left( \frac{q}{h_N} \right)^{0,5} - 7,125 d_{90}$$

Darin bedeuten:

- $h_U$  Unterwassertiefe in  $m$
- $h_N$  schiessende Normalabflusstiefe über die Rampe in  $m$ , gerechnet zum Beispiel nach der Formel von Strickler mit einem Rauheitskoeffizientenwert von  $k = 21/D_{65}^{1/6}$  in  $m^{1/3}/s$ .

Je nach örtlichen Gegebenheiten erreichen die Kolkiefen nicht die mit der obigen Formel errechneten Werte. Verschiedene Faktoren sind verantwortlich für die Endtiefen. Grosse Rampenrauigkeit, kleine Rampenneigung, niedere Rampenhöhe, grobes Sohlenmaterial, Geschiebenachschub im Oberlauf, kurze Hochwasserdauer oder ein starker Einstau am Rampenfuss schon bei

kleineren Hochwassern reduzieren die Kolkbildung. Auch die Form der Rampe und des Bachlaufes wie Krümmungen in der Situation, in Längs- und Querschnitt, die zwar aus landschaftlicher Sicht erwünscht sind, führen zu erhöhter Energieumwandlung auf der Rampe selber und dementsprechend weniger konzentrierter Turbulenz am Rampenfuss. Oft liegt der tiefste Punkt des Kolkloches eine grössere Distanz vom Rampenfuss entfernt, was sich aus den Versuchen der VAW gezeigt hat. Die minimale Fundationstiefe ergibt sich gemäss Whittaker + Jäggi [5] aus der Bedingung, dass der Unterwasserspiegel auf alle Fälle auch bei Niedrigwasser über der letzten Blockreihe liegen muss.

Ein gewisser Zielkonflikt bleibt bestehen: Aus fischereilicher Sicht ist eine grosse Kolkwanne mit vielen Unterschlupfmöglichkeiten für die Fische er-

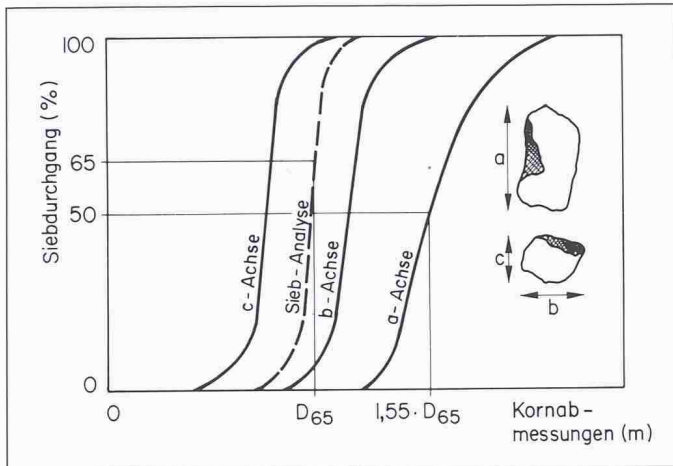


Bild 6. Verteilung der Abmessungen der Blockmischung

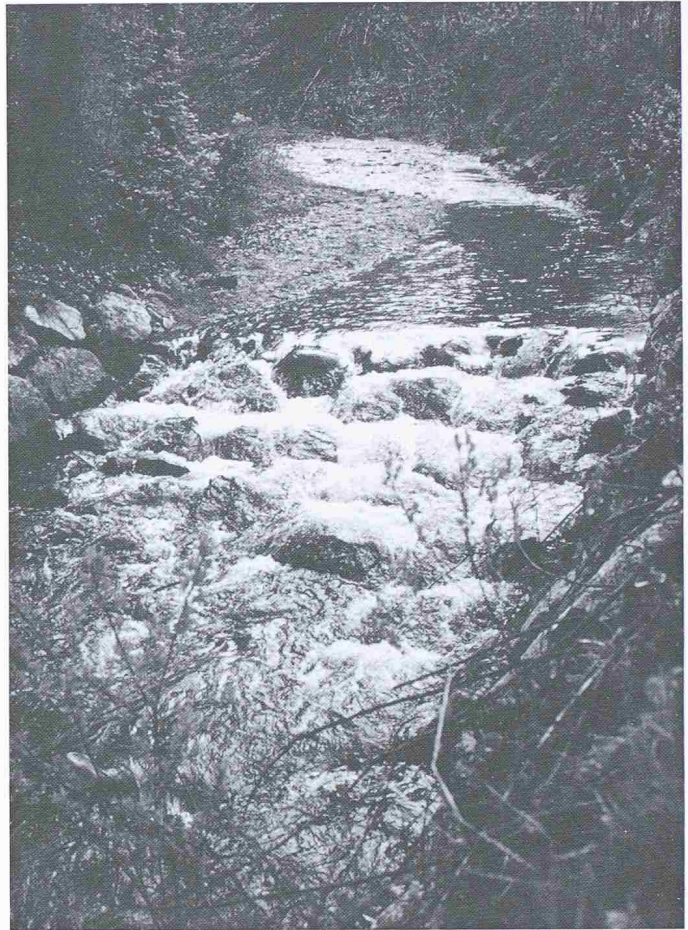


Bild 7. Blockrampe am Wissenbach in Neuthal bei Bäretswil

wünscht. Eine konzentrierte Wasserführung auf der Rampe und anschließende Beckenerweiterung unterstützen die lokale Kolkbildung, vergrößern aber auch die Gefahr von Geschwemmelagerung in den Randzonen der Wanne. Je mehr Energie am Rampenfuß umgewandelt wird, desto geringer ist die Gefahr einer Ufererosion im Unterwasser. Je grösser der Kolk andererseits wird, desto mehr muss auf die Stabilität am Rampenfuß geachtet werden. Wichtig ist dabei, dass die ganze Palette von möglichen Hochwassern, angefangen beim Höchsthochwasser bis hinunter zum Hochwasser, das mehrmals jährlich eintreten kann, in die Betrachtungen miteinbezogen wird. Falls die Blockrampe beim Höchsthochwasser stark eingestaut ist, wird dieser Extremabfluss kaum massgebend, weder für die Tiefe des Kolkloches noch für die Stabilität der Rampe.

### Dimensionierungshinweise

#### Einleitende Bemerkungen

Es gibt verschiedene Wege, um eine oder eine Serie von stabilen Blockrampen ohne Beton zu dimensionieren. Wie schon aus den vorgängigen Kapiteln ersichtlich ist, kann die Rampe nicht isoliert betrachtet werden: Die Kenntnis der Ober- und Unterwasser-

bedingungen gehört ebenso dazu wie das Verständnis der Abflussverhältnisse über die Rampe selber. Die Rampe kann für das ganze Spektrum von Abflüssen hydraulisch wirksam sein oder aber nur für kleinere Hochwasser. Wird die Rampe im letzteren Fall gemäss den Kriterien für hydraulisch wirksame Rampen gebaut, ist sie unter Umständen stark überdimensioniert.

Die Rampenhöhe kann aufgrund von übergeordneten Überlegungen vorgegeben oder aber frei wählbar sein. Ist Blockmaterial einer bestimmten Grösse verfügbar, so sollte möglichst damit gearbeitet werden. Wenn Filtermaterial mitverwendet werden muss, so wird der Schüttvorgang komplizierter. Eine tiefe Rampenfundament verlangt eine Wasserhaltung, die den Bauvorgang verteuert; als Alternative ist eine Sicherung des Rampenfußes mit Pfählen möglich. Die Rampenneigung ist frei wählbar, hingegen sind steilen Rampen bei zunehmenden Ausbauwassermengen schneller Grenzen gesetzt als flacheren.

#### Vorgehen bei der Dimensionierung

*Gegeben sind:* stabile Sohlenneigung  $J_s$  der Bachsohle jeweils im Ober- und Unterwasser einer Rampe. Es wird angenommen, dass diese Neigung aufgrund von geschiebetechnischen, mor-

phologischen oder anderen Überlegungen bestimmt oder als Erfahrungswert angenommen wurde. Normalerweise ist das Bestimmen der stabilen Sohlenneigung mit einigen Unsicherheiten verbunden.

Der Abstand zwischen Blockrampen (Fixpunkten) kann vorbestimmt sein oder als Variable in die Dimensionierung eingehen. Generell gilt der Grundsatz, dass je grösser der Abstand ist (und damit die Rampenhöhe), desto konzentrierter wird die Energieumwandlung am Rampenfuß, bis zum Moment, wo auf der Rampe schiessender Normalabfluss erreicht wird. Mit abnehmenden Abständen reduziert sich die Rampenhöhe, die Rampen bilden eine Folge von einfachen Sohl-schwellen. Dabei fließen grössere Hochwasser ohne ausgeprägte Energieumwandlung ab; sie folgen dementsprechend in erster Annäherung dem ursprünglichen Bachgefälle.

*Gesucht sind:*

- Evtl. Rampenhöhe bzw. Rampenabstand
- Rampenneigung (und damit -länge)
- (charakteristische) Blockgrösse
- Belegungsichte, allenfalls Zwischenfilter
- Kolk- bzw. Fundamenttiefe

*Vorausgesetzt wird:*

- Kenntnis des Abflussvorganges

(Wasserspiegel oder allenfalls angenähert Normalabfluss) zwischen den Rampen.

#### Vorgehen für hydraulisch wirksame Rampe

Das Dimensionierungshochwasser für die Rampe entspricht zunächst dem Höchsthochwasser. Anhand von Bild 5 wird dazu der benötigte Blockdurchmesser  $D_{65}$  mittels derjenigen Kurve bestimmt, welche der gewählten Rampen- neigung  $J$  entspricht (Stabilitätskriterium 1). Wird anstelle einer grossen Pakungsdichte eine lockere Bauweise vorgesehen (d.h. Schüttung von losen Blöcken), so sollte der Blockdurchmesser zur Sicherheit noch etwas erhöht werden. (Gemäss den Erläuterungen im vorigen Kapitel würde dies denjenigen Blockdurchmesser  $D_{65}$  ergeben, welcher einem um etwa 10 bis 20% erhöhten zulässigen spezifischen Abfluss entspricht.) Anschliessend wird die Belegungs- dichte  $Beta$  vorgegeben (Stabilitätskriterium 2). Der aufgrund des gegebenen Korndurchmessers  $d_{65}$  des Untergrundmaterials massgebende charakteristische Schnittpunkt auf Bild 5 zeigt nun an, ob das Kriterium 2 für eine einlagige Blockrampe erfüllt ist. Ist das Kriterium 2 nicht erfüllt, weil offensichtlich der Untergrund verglichen mit dem zu wählenden Blockdurchmesser zu feinkörnig ist, kann ein Zwischenfilter vorgegeben werden. Als Alternative kann die Blockrampe mehrlagig projektiert werden. Dadurch erhöht sich der  $Beta$ -Wert entsprechend, und das Kriterium 2 kann mit der gegebenen Formel geprüft werden. Im übrigen steht auch die Wahl einer reduzierten Rampenneigung offen.

Anschliessend wird überprüft, ob sich auf der Rampe für eine gewählte Rampen- höhe schiessender Normalabfluss einstellt, d.h. ob die Rampe hydraulisch wirksam ist. Dazu sollte der Wasserspiegel über der Rampe bekannt sein. Ist die Rampe genügend lang (bzw. genügend hoch), so dass sich schiessender Normalabfluss mindestens angenähert einstellt, sollen noch die Verhältnisse am Rampen- fuss überprüft werden.

Dazu wird entschieden, ob sich bei schiessendem Normalabfluss etwa am Fusse der Rampe ein Wassersprung bildet. Liegt der Wassersprung in der Nähe des Rampenfusses, kann gemäss Stabilitätskriterium 3 die Kolk- tiefe und damit die Rampen- fundationstiefe bestimmt werden. Möglicherweise wird eine Befestigung mit Pfählen vorgesehen. Als Alternative kann der Rampen- fuss mit einer grösseren Neigung als die Rampenneigung geschüttet werden [5]; dies dient zur Reduktion der Rampen- länge im Aushubbereich.

#### Vorgehen für hydraulisch nicht wirksame Rampe:

Unter Umständen bildet sich für eine vorbestimmte Rampen- höhe und gegebene Rampenneigung beim Höchsthochwasser kein schiessender Normalabfluss auf der Rampe, weil diese zu kurz bzw. zu wenig hoch ist. Dies kann auch bei starkem Einstau vom Unterwasser her der Fall sein. In beiden Fällen kann das Dimensionierungshochwasser für die Rampe innerhalb gewisser Grenzen reduziert werden. Dazu müssen allerdings die Wasserspiegel über die Rampe sowie am Rampen- fuss bekannt sein bzw. iterativ bestimmt werden. Das Dimensionierungshochwasser liegt jedenfalls zwischen dem Höchsthochwasser und derjenigen Wassermenge, für welche schiessender Normalabfluss annähernd erreicht wird.

In der Praxis wird in solchen Fällen am besten so vorgegangen, dass eine mittlere Dimensionierungswassermenge gewählt und mit dieser anschliessend dem *erstgenannten Vorgehen* gefolgt wird. Als Kontrolle muss aber auf alle Fälle für die so dimensionierte Rampe beim Höchsthochwasser untersucht werden, ob die erlaubte Beanspruchung nicht überschritten wird. Für die Stabilitäts- kriterien 1 und 2 wird dabei einfach die maximal auftretende Energielinien- neigung  $J_e$  gemäss Strickler in die entsprechenden Formeln bzw. in Bild 5 eingesetzt. Für Stabilitätskriterium 3 muss zudem die Kolk- tiefe überprüft werden. Beachtet werden sollte dabei, dass jeweils die (minimal) erreichte schiessende Abflusstiefe  $h$  anstelle der Normal- abflusstiefe  $h_N$  verwendet wird.

#### Konstruktive Grundsätze

Beim Bau einer Blockrampe müssen einige konstruktive Grundsätze beachtet werden.

Eine eher raue Oberfläche ist erwünscht; Unregelmässigkeiten und Wassertaschen sind vor allem bei längeren Rampen aus fischereilicher Sicht gerne gesehen.

Die Blöcke der Rampe müssen auf einer tragfähigen und standsicheren Unterlage angeordnet werden. Ein filterartiger Aufbau ist notwendig, falls der Untergrund zu fein ist. Falls beim Dimensionieren der Blockrampe das Auswaschen des Untergrundes ausschlaggebend wird, kann der Aufbau der Rampe mehrlagig gestaltet werden (was eine entsprechende Vergrösserung der Belegungs- dichte zur Folge hat), oder es kann eine Filterschicht zwischen Blöcken und Untergrund einge-

#### Anwendungsbeispiel

Es soll im folgenden ein einfaches Rechenbeispiel aufgeführt werden, um das grundsätzliche Vorgehen zu illustrieren. Die Blockrampe ist unter den gegebenen Abflussbedingungen knapp hydraulisch wirksam.

##### Gegeben sind:

Dimensionierungshochwasser	$Q = 18 \text{ m}^3/\text{s}$
(Mittlere) Gerinnebreite	$b = 4,5 \text{ m}$
Rampenneigung	$\Delta h = 1,5 \text{ m}$
Rampenneigung	$J = 1:5$
Bachsohle mit massgebendem Korndurchmesser	$d_{65} = 0,03 \text{ m}$ $d_{90} = 0,07 \text{ m}$

##### Gesucht wird:

Charakteristischer Blockdurchmesser $D_{65}$ (m)	
Rampenlänge und -fundationstiefe (m)	

##### Vorgehen: Annahme einer hydraulisch wirksamen Rampe

- Bestimmen des spezifischen Dimensionierungshochwassers  $q = Q/b = 4 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$
- Stabilitätskriterium 1 gemäss Bild 5:  $D_{65} = 0,7 \text{ m}$
- Stabilitätskriterium 2 gemäss Bild 5: Eine einlagige Blockrampe genügt gemäss Bild 5 dem Kriterium 2 nicht (erforderliches  $d_{65}$  wäre gut  $0,06 \text{ m}$ ). Es muss also mehrlagig gebaut oder ein Zwischenfilter vorgesehen werden.
- Stabilitätskriterium 3: Kolk- tiefe am Rampen- fuss bestimmen. Hydraulische Voraussetzungen sind: Wassersprung findet etwa am Rampen- fuss statt, Unterwassertiefe  $h_U = 2,0 \text{ m}$ , Normalabflusstiefe über der Rampe  $h_N = 0,57 \text{ m}$

$$\text{Kolk- tiefe Kriterium 3: } t + 2,0 \cong 0,85 \cdot 4,0^{0,5} (4/0,57)^{0,5} - 7,125 \cdot 0,07.$$

$$t = 4,5 - 0,5 - 2,0 = 2,0 \text{ m}$$

Je nach örtlichen Gegebenheiten erreichen die Kolk- tiefen die mit der obigen Formel errechneten Werte oder auch nicht. Die minimale Fundationstiefe ergibt sich aus der Bedingung, dass der Unterwasserspiegel auf alle Fälle auch bei Niederwasser über der letzten Blockreihe liegen muss. Im Beispiel ist die minimale Fundationstiefe  $0,7 \text{ m}$ , die maximale Fundationstiefe  $2,0 \text{ m}$ . Es wird eine Fundationstiefe von  $1,7 \text{ m}$  gewählt, somit wird die (bauliche) Rampenlänge  $5 (1,5 + 1,7 - 0,7) = 12,5 \text{ m}$ .

baut werden, bis das Kriterium 2 wieder erfüllt ist.

Der Sicherung des Rampenfusses kommt eine entscheidende Bedeutung zu.

Es ist von Vorteil, wenn der Blockrampe eine flache Muldenform gegeben wird. Der freie Aufstieg der Fische ist damit auch bei Niederwasser besser gewährleistet.

An der Seite der Rampe sollen die Ufer angemessen gesichert werden.

□ Im seitlichen Bereich des Kolkes am Fuss der Rampe soll bei engen Verhältnissen eine Ufersicherung auf einer Länge von etwa einer Rampenlänge eingebracht werden.

□ Eine Kombination des Blocksatzes mit Pflanzen (Weidensteckhölzer) kommt den Anforderungen von Sicherheit sowie natürlichem Aussehen entgegen.

□ Falls genügend Platz vorhanden ist, soll der Ausweitung des Kolkloches in die Breite freier Lauf gegeben werden. Eine genügende Durchspülung und Reinigung sind aber auch bei kleineren Hochwassern erwünscht.

□ Wird der Rampenfuss mit Pfählen gesichert, sollten möglichst Holzpfähle verwendet werden. Bei Eisenpfählen besteht die Verletzungsgefahr für Badende und spielende Kinder.

□ Für den Ausbau der Strecke unterhalb der Rampe bis zum nächsten Fixpunkt sind die Bedingungen für den Unterwasserstand am Rampenfuss zu beachten. Dem seitlichen Böschungsschutz ist besondere Beachtung zu schenken, falls sich bei grösseren Hochwassermengen kein vollständiger Wassersprung bildet und die Energieumwandlung im anschliessenden gewellten Abfluss zu einem beträchtlichen Teil im nachfolgenden Bachlauf stattfindet.

□ Die Kote des Rampenkopfes wird mit Vorteil etwas höher angesetzt als die Bachsohle, damit sich auch oberwasserseits lokal eine grössere Wassertiefe einstellt. Allerdings ist darauf zu achten, dass die Gefahr der Versickerung oder des Unterströmens der Rampe bei Niedrigwasser minimal sein muss (Filterschicht, Lehm-packung u.a.).

□ Seitliche Ausweitungen sind am Rampenkopf, auf der Rampe selber

oder im anschliessenden Becken prinzipiell möglich. Grobe oder scharfkantige Vorsprünge sind vor allem am Rampenkopf zu vermeiden, damit sich weniger Geschwemmsel verfangen kann.

### Schlussbemerkungen

Wenn die Blockrampe entsprechend den vorgängigen Grundsätzen dimensioniert und gebaut wird, so ist zu erwarten, dass sie

- stabil bleibt auch bei starker Beanspruchung infolge Hochwasser,
- einen beträchtlichen Höhenunterschied überwinden kann,
- sich in die Landschaft gut integrieren lässt
- den Aufstieg von Kleintieren und Fischen begünstigt,
- die natürliche Belüftung des Wassers erhöht,
- eine Kolkwanne an ihrem Fuss bildet, die als Refugium für Lebewesen auch in wasserarmen Perioden dient,
- eine Konstruktion ohne Einsatz von Beton ermöglicht,
- relativ einfach und kostengünstig zu bauen ist,
- im Fall von Geschiebetrieb keinen Schaden erleidet und wegen ihrer flexiblen Bauweise auf mögliche Setzungen wenig empfindlich ist.

*Dieser Artikel wurde verfasst von André Chervet, dipl. Bauing. ETH, und Heinz W. Weiss, Dr., dipl. Bauing. ETH, unter Mitwirkung der folgenden weiteren Mitglieder der Arbeitsgruppe «Kleine Bäche»: André Hofmann, Dr., dipl. Zoologe, Claude Meier, dipl. Zoologe, Heiner Niederer, dipl. Zoologe.*

*Kontaktadresse für diesen Artikel und die beiden Anhänge: Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH, A. Chervet, ETH-Zentrum, 8092 Zürich*

### Literatur

- [1] Leitfaden für den natur- und landschaftsbezogenen Schutzwasserbau an Fliessgewässern. Regeln des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes, Regelblatt 301, Wien 1984
- [2] Keller A. «Die Drift und ihre ökologische Bedeutung». Experimentelle Untersuchung an Ecdyonurus venosus an einem Fliesswassermodell, ETH Zürich, EAWAG, 1975
- [3] Pechlaner R. «Limnologie und naturnaher Schutzwasserbau». Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich (1982) 127/4: 319-336
- [4] Knauss J. «Flachgeneigte Abstürze, glatte und raue Sohlrampen». Bericht Nr. 41, Versuchsanstalt für Wasserbau der T.U. München/Obernach 1979
- [5] Whittaker J. + Jäggi M. «Blockschwellen». Mitteilung Nr. 91 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH Zürich, 1986

*Als Vertiefung zum Thema Blockrampen wurden zwei Anhänge verfasst. Einerseits wird darin hydraulische Hintergrundinformation für den Abfluss über Blockrampen vermittelt. Es werden Diagramme präsentiert, mit deren Hilfe der ungleichförmige Abfluss über Blockrampen ohne Staukurvenberechnungen angenähert bestimmt werden kann. Im weiteren wird ein Anwendungsbeispiel zur Dimensionierung unter hydraulisch nicht wirksamen Abflussbedingungen durchgerechnet.*

*Die beiden Anhänge werden aus Platzgründen nicht als Artikel publiziert; sie können aber auf Anfrage direkt mit dem Sonderdruck bei der untenstehenden Kontaktadresse bezogen werden.*

Frühere Beiträge zu dieser Artikelserie sind in den Heften 49/89, S. 1337, bzw. 10/90, S. 258, erschienen.

## Gartendenkmalpflege: Das Ringen um Natur-Kunstwerke

**Rund hundert Teilnehmer konnten an einer vom Bund der Schweizer Landschaftsarchitekten (BSLA) zum Thema «Gartendenkmalpflege» einberufenen Tagung im Juni in Zürich begrüsst werden. Die ausgezeichneten Referate des ersten und die faszinierenden Exkursionen des zweiten Tages bewiesen eindrücklich, dass die Wiederinstandstellung und das Bewahren von Gartenkunstwerken, die aus der Nutzung von Landschaft und Pflanzen entstanden sind, im Interesse (der Bevölkerung) liegen.**

In seiner Einführung zur Tagung ging BSLA-Präsident P. Stöckli zunächst auf die Bedeutung der Denkmalpflege allgemein ein. Zum Repertoire der Schöpfungen der

Vergangenheit gehöre auch der historische Garten – ein Bauwerk, das vornehmlich aus Pflanzen, also aus lebendem Material, besteht. Mutiges Handeln sei angebracht, um

der Gefahr der Zerstörung historischer Gärten erfolgreich zu begegnen: richtig angepackt, liessen sich Stimmbürger aber durchaus von deren Wert überzeugen.

### Klärungsversuche

Mit dem Hinweis, dass in kaum einer anderen Kunstgattung die Vorstellung vom Gewesenen im Vergleich zum Gegenwärtigen derart schwierig sei wie in der Gartenkunst, eröffnete Dr. D. Karg, Hauptkonservator und Leiter des Institutes für Denkmalpflege in Ostberlin, sein Grundsatzreferat «Gartendenkmalpflege als Aufgabe». Ursache dafür wäre das grundlegende Wesensmerkmal des Gartenkunstwerks – die stetige Verände-