



Verkehr und Infrastruktur (vif)

## Blockrampen

Die Bemessung der Blockrampen erfolgt nach den nachfolgenden Normalien

# Blockrampen Normalien



## Manual zur Sanierung von Abstürzen

Projekt A-300, V1.1



---

*Mitwirkende*

**Departement Bau, Verkehr und Umwelt Kanton Aargau**

**Abteilung Landschaft und Gewässer**

Entfelderstrasse 22

5001 Aarau

Kontaktperson: Herr M. Zumsteg, Herr M. Koksch

Tel.: 062 - 835 34 50

Fax: 062 - 835 34 59

E-Mail: markus.zumsteg@ag.ch, mario.koksch@ag.ch

**Hunziker, Zarn & Partner AG**

**Ingenieurbüro für Fluss- und Wasserbau**

Schachenallee 29

5000 Aarau

Kontaktperson: Herr R. Hunziker, Frau S. Stocker

Tel.: 062 - 823 94 61

Fax: 062 - 823 94 66

E-Mail: info@hzp.ch

**Amt für Umwelt des Kantons Solothurn**

**Abteilung Wasser**

Werkhofstrasse 5

4509 Solothurn

Kontaktperson: Herr P. Dändliker

Tel.: 032 - 627 26 92

Fax: 032 - 627 76 93

E-Mail: paul.daendliker@bd.so.ch

**Eawag**

**Aquatic research**

6047 Kastanienbaum

Kontaktperson: Herr A. Peter

Tel.: 041 - 349 21 36

Fax: 041 - 349 21 62

Mail: armin.peter@eawag.ch

**Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft**

**Abteilung Wasserbau**

Walcheplatz 2

8090 Zürich

Kontaktperson: Herr H. Hochstrasser

Tel.: 043 - 259 32 14

Fax: 043 - 259 42 99

E-Mail: heinz.hochstrasser@bd.zh.ch

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zielformulierung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Vorgehen</b>	<b>2</b>
2.1	Grundsätze für die Wahl der Rampentypen	2
2.2	Auswahl der Rampentypen	2
2.3	Festlegung des Anwendungsbereichs	2
2.4	Praxisbezug	2
2.5	Normalien: Pläne und Manual	3
<b>3</b>	<b>Vorgehen bei der Dimensionierung</b>	<b>4</b>
	Schritt 1: Analyse der örtlichen Verhältnisse	4
	Schritt 2: Ermittlung der hydrologischen Grundlagen	4
	Schritt 3: Wahl des Bemessungsabflusses	5
	Schritt 4: Wahl des Sicherheitsfaktors	5
	Schritt 5: Wahl des spezifischen Abflusses für die Dimensionierung	5
	Schritt 6: Wahl des Rampentyps	6
	Schritt 7: Dimensionierung	9
	Schritt 8: Beurteilung der Massnahmen	10
<b>4</b>	<b>Konstruktive Hinweise</b>	<b>16</b>
4.1	Geschlossene, klassische Rampe	16
4.2	Aufgelöste, unstrukturierte Rampe	17
4.3	Aufgelöste, eigendynamische Rampe	18
4.4	Integration einer bestehenden Schwelle in eine neue Rampe	18
4.5	Bauweise und -vorgang	20
4.6	Materialeigenschaften	20
4.7	Grundriss der Rampe	21
<b>5</b>	<b>Versagensmechanismen</b>	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>Kriterien für die Fischdurchgängigkeit</b>	<b>24</b>
6.1	Einleitung	24
6.2	Durchgängigkeit und Abfluss	24
6.3	Fischereiliche Zonierung der Fliessgewässer	24
6.4	Fischökologische Anforderungen an Blockrampen	25
6.5	Literatur Fischdurchgängigkeit	27

## **Plangrundlagen**

- Plan A-300.1 Geschlossene, klassische Rampe
- Plan A-300.2 Aufgelöste, unstrukturierte Rampe
- Plan A-300.3 Aufgelöste, eigendynamische Rampe

## 1 Zielformulierung

Abstürze und Wehre verhindern in den Bächen des Mittellandes und des Juras die Aufwärtswanderung der Fische. Im Hinblick auf den Artenschutz ist es aber von grösster Bedeutung, dass die Fliessgewässer wieder durchgängig werden. Um dieser Forderung nachzukommen, ist in den nächsten Jahren der Umbau zahlreicher Abstürze zu Rampen geplant (Abb. 1). Da sehr viele Bauwerke umgebaut werden müssen, haben sich die Kantone Aargau, Solothurn und Zürich zusammengeschlossen, um Dimensionierungsgrundlagen – im Folgenden mit Normalien bezeichnet – zu erarbeiten. Die drei Kantone streben damit eine Vereinheitlichung der Rampentypen an. Zudem sollen die Normalien den lokalen Ingenieurbüros als Projektierungsgrundlage dienen.

Die Normalien wurden für Blockrampen in geschlossener und aufgelöster Bauweise mit Gefällen bis 10% und spezifischen Abflüssen bis  $12 \text{ m}^3/\text{sm}^2$  (Dimensionierungsabfluss) erstellt. Die Anwendung beschränkt sich auf Bäche und kleinere Flüsse im Mittelland mit Sohlenbreiten von 2 bis 10 m und Gefällen bis ca. 1%.

Die vorliegenden Normalien sollen den Wasserbauern als Leitfaden und Hilfsmittel zur Sanierung von Abstürzen dienen. Sie entbinden den Ingenieur jedoch nicht von der Aufgabe, die lokalen hydraulischen und morphologischen Verhältnisse genau zu beurteilen und eine auf diese Verhältnisse angepasste Dimensionierung und Projektierung durchzuführen.



Abb. 1: Aabach bei der ARA Seengen: Nicht durchgängiger Absturz (links) und Rampe nach der Sanierung (rechts)

Das vorliegende Manual fasst den aktuellen Stand des Wissens zusammen. In den nächsten Jahren sind auf dem Gebiet der Längsvernetzung neue Erkenntnisse und Entwicklungen zu erwarten. Das Manual muss darum periodisch überarbeitet werden.

## 2 Vorgehen

### 2.1 Grundsätze für die Wahl der Rampentypen

Es wurden nur Rampentypen ausgewählt, welche in der Praxis einfach zu realisieren sind und für welche Dimensionierungsgrundlagen bestehen.

### 2.2 Auswahl der Rampentypen

In einem ersten Schritt wurden zahlreiche heute bekannte Rampentypen und Bemessungsansätze (ungefähr 20 verschiedene Ansätze) studiert. Aufgrund dieser Analyse und den in Kapitel 2.1 definierten Grundsätzen wurden folgende Rampentypen (Tab. 1) und Bemessungsansätze (Tab. 2) ausgewählt:

Blockrampen			
Geschlossene, klassische Rampen		Aufgelöste Rampen	
Gesetzt	Geschüttet	Unstrukturiert	Eigendynamisch

Tab. 1: Einteilung der verschiedenen Rampentypen. Der Untertyp „geschüttet“ der geschlossenen, klassischen Rampe wird in diesen Normalien nicht berücksichtigt.

### 2.3 Festlegung des Anwendungsbereichs

In einem zweiten Schritt wurden für jeden der drei ausgewählten Rampentypen ein Anwendungsbereich (Gefälle  $J$ , spezifischer Abfluss  $q$ ) festgelegt (Abb. 2) und die massgebenden Dimensionierungsgrößen (Blockgewichte, Filtermaterial, Grundmaterial, etc.) ermittelt (Tab. 6 – 8, Abb. 4).

### 2.4 Praxisbezug

Um sicher zu sein, dass die Rampen in der Praxis auch bautechnisch umgesetzt werden können und um praxisrelevante Aspekte zu berücksichtigen, wurden in einem dritten Schritt Interviews mit Bauunternehmern und Wasserbauaufsehern der Kantone durchgeführt.



## 2.5 Normalien: Pläne und Manual

Für jeden Rampentyp wurde schliesslich ein Plan (1:50) mit Situation, Längenprofil und Querprofil angefertigt, welcher die konstruktive Ausgestaltung der Rampe wiedergibt. Die dargestellten Abmessungen (z.B. Rampengefälle, -länge) sind mögliche Beispiele, ebenso die Ausgestaltung des Uferschutzes.

Parallel dazu wurde das vorliegende Manual verfasst, welches die verschiedenen Dimensionierungsschritte und -grössen sowie konstruktive Hinweise enthält.

Die Rampentypen basieren auf folgenden Dimensionierungsgrundlagen:

Rampentyp	Dimensionierungsgrundlage
Geschlossene, klassische Rampe	J. Whittaker & M. Jäggi, Blockschwellen, Mitteilung Nr. 91 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, 1986
Aufgelöste, unstrukturierte Rampe	T. Janisch, R. Weichert, G. R. Bezzola, Verhalten aufgelöster, unstrukturierter Blockrampen, Wasser Energie Luft, Heft 2, 2007  J. Whittaker, W. Hickman, R. Croad, Riverbed Stabilisation with placed blocks, Central Laboratories Report 3-88/3, Hydraulics Section, Lower Hutt (Neuseeland), 1988
Aufgelöste, eigendynamische Rampe	R. Weichert, Bed morphology and stability in steep open channels, Mitteilung Nr. 192 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, 2006

Tab. 2: Dimensionierungsansätze für die ausgewählten Rampentypen

### 3 Vorgehen bei der Dimensionierung

#### Schritt 1: Analyse der örtlichen Verhältnisse

Zuerst müssen die örtlichen Verhältnisse untersucht werden. Besonderes Augenmerk gilt den folgenden Aspekten:

- Welche Aufgabe hat der bestehende Absturz zu erfüllen ?  
(Sohlenstabilisierung, Sicherung Widerlager, Wasserausleitung, etc.)
- Wie hoch ist das Schadenpotenzial bei einem Versagen der zukünftigen Rampe ?
- Könnten allfällige höhere Wasserspiegel auf der Rampe oder im Oberwasser die Hochwassersicherheit gefährden ?
- Welche Prozesse sind im Überlastfall zu erwarten ?
- Liegt die zukünftige Rampe in einer Kurve ?
- Liegt die zukünftige Rampe im Zusammenflussbereich eines Seitenbaches ?
- Sind Querströmungen oder Abflusskonzentrationen zu erwarten ?
- Wie ist das Sohlenmaterial beschaffen (Korndurchmesser, Feinmateriallinsen, Fels) ?
- Wie sind die Ufer beschaffen (Höhe der Böschungen, etc.) ?

#### Schritt 2: Ermittlung der hydrologischen Grundlagen

Im zweiten Schritt werden die für die Rampe massgebenden hydrologischen Werte, im Normalfall  $HQ_{100}^1$  oder  $EHQ^2$ , ermittelt. Aufgrund dieser Abflüsse können die spezifischen Abflüsse  $q = Q/B$  ( $Q =$  Abfluss im Gerinne in  $m^3/s$ ,  $B =$  Breite der Rampe in m,  $q =$  spezifischer Abfluss in  $m^3/sm'$ ) berechnet werden.

---

<sup>1</sup>  $HQ_{100}$  = Abfluss mit einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren

<sup>2</sup>  $EHQ$  = Abfluss bei einem Extremereignis, in der Regel zwischen 1.3 und 1.5 mal  $HQ_{100}$ . In kleinen Einzugsgebieten in Ausnahmefällen bis 2.0 (vgl. Wegleitung des BAFU (früher BWG), Hochwasserschutz an Fliessgewässern, 2001)

### Schritt 3: Wahl des Bemessungsabflusses

Bei der Wahl des Bemessungsabflusses  $Q$  resp. des spezifischen Bemessungsabflusses  $q$  stellt sich die Frage, welche Schäden bei einer Zerstörung der Rampe zu erwarten sind. Je nach Schadenpotenzial wird das  $HQ_{100}$  oder das Extremereignis  $EHQ$  als Bemessungsabfluss gewählt:

- Grosses Schadenpotential:  $EHQ$  (nur in Ausnahmefällen)
- Kleines Schadenpotential:  $HQ_{100}$

### Schritt 4: Wahl des Sicherheitsfaktors

Als Bandbreite für den Sicherheitsfaktor werden Werte zwischen 1.2 und 1.5 vorgeschlagen. Der Sicherheitsfaktor wird auf den spezifischen Bemessungsabfluss angewandt. Folgende Faktoren müssen bei seiner Wahl berücksichtigt werden:

- Versagensmechanismus des Rampentyps (vgl. Kap. 5 sowie Tab. 3)
- Unsicherheiten in den Strömungsverhältnissen (Kurven, Querströmungen, Einmündung eines Seitenbaches)<sup>3</sup>
- Bisherige Erfahrungen mit dem Rampentyp
- Unsicherheiten in der Hydrologie
- Schwierigkeiten bei der Ausführung
- Verhalten im Überlastfall

### Schritt 5: Wahl des spezifischen Abflusses für die Dimensionierung

Aufgrund der Wahl des Bemessungsabflusses und des Sicherheitsfaktors ergibt sich der für die Dimensionierung massgebende spezifische Abfluss:

$$q^* = q \times SF$$

$q$  = spezifischer Bemessungsabfluss [ $m^3/sm'$ ]

$SF$  = Sicherheitsfaktor [-]

$q^*$  = spezifischer Abfluss für die Dimensionierung [ $m^3/sm'$ ]

---

<sup>3</sup> Bei ausgeprägten Kurvensituationen ist eine detaillierte Überprüfung der hydraulischen Verhältnisse notwendig, z.B. mit einer 2D-Simulation oder einem physikalischen Modellversuch.

---

### **Schritt 6: Wahl des Rampentyps**

Abhängig vom spezifischen Abfluss und von ökologischen (fischbiologische Anforderungen: Kap. 6) sowie ökonomischen Zielsetzungen wird mit Hilfe von Abb. 2 ein Rampentyp gewählt, welcher beim gewünschten Rampengefälle  $J$  und Dimensionierungsabfluss  $q^*$  realisierbar ist. Bei der Wahl kann von den in Tab. 3 aufgelisteten Vor- und Nachteilen ausgegangen werden.

Bei spezifischen Dimensionierungsabflüssen  $q^*$  über  $12 \text{ m}^3/\text{sm}'$  und Gefällen über 2% kommt als Rampentyp eine geschlossene, klassische Rampe in Betracht. Neuere Versuche an der ETH zeigen, dass bei Gefällen unter 2% auch aufgelöste Rampen mit spezifischen Dimensionierungsabflüssen über  $12 \text{ m}^3/\text{sm}'$  möglich wären. Die entsprechenden Werte zur Dimensionierung sind jedoch nicht Gegenstand dieser Normalien.

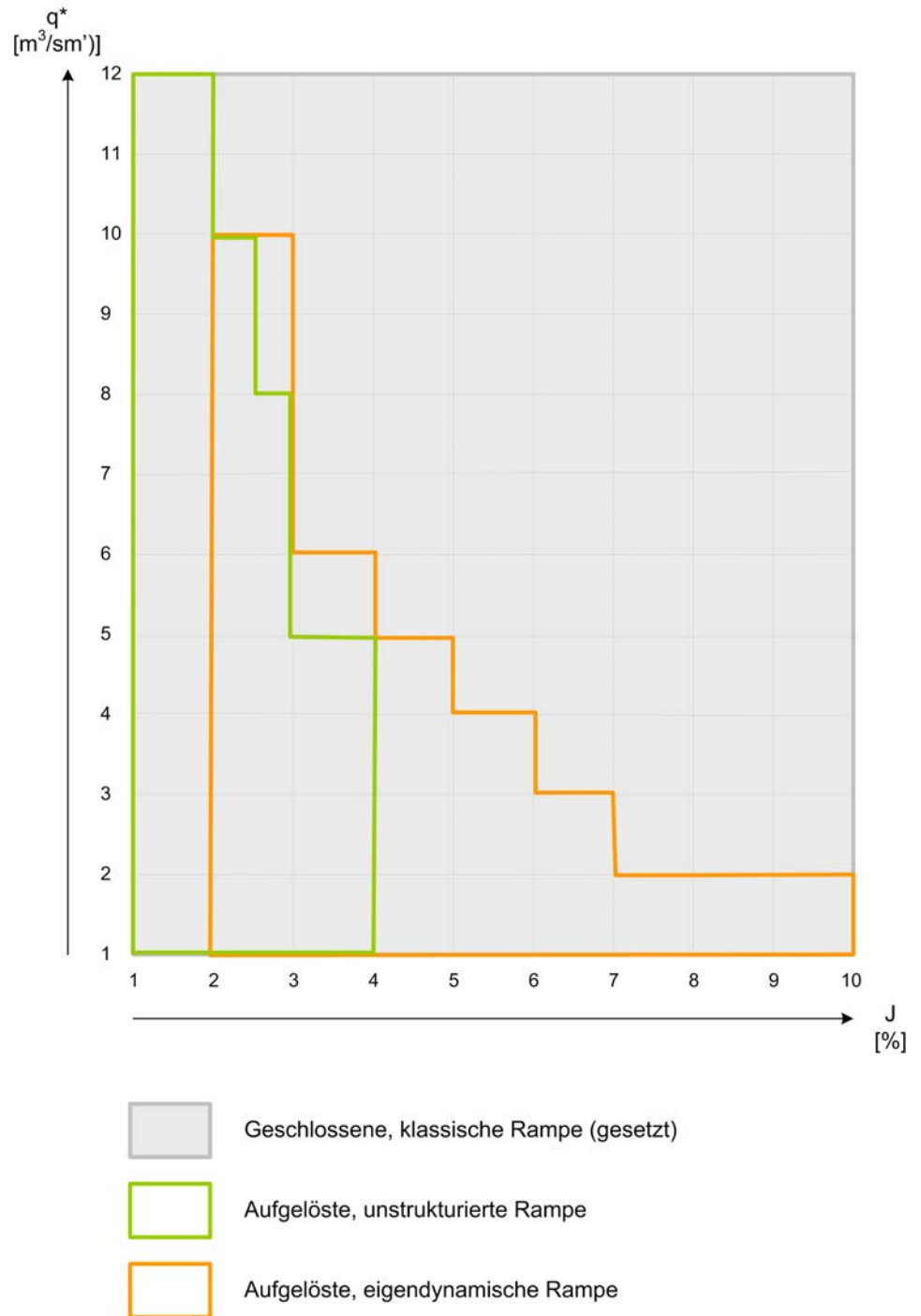


Abb. 2: Anwendungsbereich der Rampentypen in Bezug auf ein Gefälle  $J$  und einen Dimensionierungsabfluss  $q^*$

Rampentyp	Beschreibung	Vor- und Nachteile
Geschlossen, klassisch	Rampe aus einer einlagigen Schicht von Blöcken. Die Blöcke werden auf einer Filterschicht aus Grobkies verlegt. Die Zwischenräume werden minimiert und die Blöcke kraftschlüssig aneinander gesetzt.	<p>Vorteil: bekannter, in der Schweiz oft realisierter Rampentyp, sehr grosser Anwendungsbereich, bei steiler Ausführung kurzes Bauwerk.</p> <p>Nachteil: ungünstiger Versagensmechanismus im Überlastfall, naturferne Lösung, Fischdurchgängigkeit nur bei guter konstruktiver Gestaltung und flacher Ausführung gewährleistet (vgl. Kap. 6), Einbau muss exakt erfolgen.</p>
Aufgelöst, unstrukturiert	Die Blöcke werden einzeln auf der Sohle verlegt und bis ca. 30% des Blockdurchmessers eingeschüttet. Die Sohle wird überhöht eingebaut und erreicht die Endsohlenlage nach einer hydraulischen Belastung. Die Blöcke reduzieren die hydraulische Belastung auf die Sohle und verhindern so eine weitere Erosion.	<p>Vorteil: in der Schweiz bereits realisierter Rampentyp, günstig für die Fischdurchgängigkeit, günstiger Versagensmechanismus im Überlastfall.</p> <p>Nachteil: Anwendungsbereich begrenzt, langes Bauwerk, Materialverlust wegen Abschwemmen.</p>
Aufgelöst, eigendynamisch	Eine Mischung aus Grobkies und Blöcken wird in die Sohle eingebracht, wobei das eingebaute Gefälle grösser ist als das gewünschte Endgefälle. Bei grossen Abflüssen wird das Material vom Fluss umgelagert, das Gefälle reduziert sich. Es entstehen stabile Riegel- und Beckenstrukturen analog zu den Strukturen in Wildbächen.	<p>Vorteil: naturnahe Lösung, neuer innovativer Rampentyp, günstig für die Fischdurchgängigkeit, günstiger Versagensmechanismus im Überlastfall, einfacher Einbau.</p> <p>Nachteil: Anwendungsbereich begrenzt, langes Bauwerk, genau definierte Kornverteilung des eingebrachten Materials erforderlich, keine Erfahrung mit diesem Rampentyp, Materialverlust wegen Abschwemmen.</p>

Tab. 3: Beschreibung der Rampentypen und ihrer Vor- und Nachteile

**Schritt 7: Dimensionierung**

*Rampenkörper*

Im 7. Schritt erfolgt die Dimensionierung der Blöcke und des Filter- resp. Grundmaterials. Die Zahlenwerte für verschiedene Gefälls- und Abflussverhältnisse können den Tab. 6 – 8 sowie der Abb. 4 (Seiten 12 bis 15) entnommen werden. Eine Anleitung zur korrekten Verwendung der Tabellen gibt die Box auf Seite 11 (Abb. 3).

*Uferverbauung*

Für die Funktionstüchtigkeit einer Blockrampe ist die Ufersicherung von grosser Bedeutung. In Tab. 4 sind Angaben zur Ufersicherung für verschiedene Bereiche der Böschung zusammengestellt:

Bereich der Böschung über der Sohle	Material und Dimensionierung
bis 1.0 m	Blöcke; 2.0 – 2.5 t/Block
1.0 – 2.0 m	Blöcke; 1.0 – 1.5 t/Block
2.0 – 3.0 m	Faschinen, Gras, Bollensteine

Tab. 4: Dimensionierung der Ufersicherung (max. Abflusstiefe ca. 3 m)

*Kolkchutz*

Bei der geschlossenen, klassischen Rampe ist eine Sicherung des Rampenfusses notwendig. Je nach spez. Dimensionierungsabfluss  $q^*$  ist mit folgenden Kolkiefen zu rechnen (Tab. 5):

Spez. Dimensionierungsabfluss $q^*$	Kolkiefen <sup>4</sup> (vgl. Abb. 5)
1 – 5 m <sup>3</sup> /sm'	1.0 - 1.5 m
5 – 8 m <sup>3</sup> /sm'	1.5 - 2.0 m
8 – 12 m <sup>3</sup> /sm'	2.0 - 2.5 m

Tab. 5: Kolkiefen (Annahmen:  $d_{90}$  des Unterschichtmaterials zwischen 8 und 12 cm). Falls die notwendigen Foundationstiefen nicht eingebaut werden können, ist die Anzahl der Vorlagesteine zu erhöhen. Es wird von einer Kolklänge von ca. 5 mal die Kolktiefe ausgegangen (entspricht nicht der max. möglichen Kolklänge).

<sup>4</sup> Es wird immer von einem Rampengefälle von 10% ausgegangen. Bei geringeren Rampengefällen entstehen weniger tiefe Kolke.

*Wasserspiegel*

Dieses Manual enthält keine Angaben über die Abflusstiefen auf den Rampen. Die Formel von Whittaker et al. (1988) erlaubt die Ermittlung der Abflusstiefe auf einer aufgelösten, unstrukturierten Rampe, diejenige von Whittaker und Jäggi (1986) auf einer geschlossenen, klassischen Rampe (Literaturangaben vgl. Tab. 2).

Bei einer geschlossenen, klassischen Rampe kann davon ausgegangen werden, dass diese bei Hochwasser keinen Aufstau im Oberwasser erzeugt, falls die Rampe analog Abb. 5 eingebaut wird. Bei einer aufgelösten Rampe sind die Abflusstiefen auf der Rampe jedoch so gross, dass eine Beeinflussung des Wasserspiegels im Oberwasser der Rampe nicht ausgeschlossen werden kann. Falls eine Gefährdung der Hochwassersicherheit befürchtet wird, müssen die hydraulischen Verhältnisse genauer abgeklärt werden.

**Schritt 8: Beurteilung der Massnahmen**

Nach der Wahl des Rampentyps und seiner Dimensionierung müssen überschlagsmässig die Material- und Baukosten ermittelt werden. Dies erlaubt eine Beurteilung der Verhältnismässigkeit der Massnahme hinsichtlich der ökologischen Verbesserungen sowie allfälliger Risiken (Stichworte Hochwassersicherheit, Versagen der Rampe). Falls nötig ist ein anderer Rampentyp und ein anderes Gefälle zu wählen und die Schritte 4 bis 8 müssen wiederholt werden.



**Info-Kasten (gehört zu Schritt 7, Dimensionierung):****Anleitung zur Verwendung der Tabellen 6 – 8 (Seiten 12 – 14)**

Die Dimensionierungsangaben in den Tab. 6 – 8 beziehen sich jeweils auf die rechte obere Ecke der Zelle. Im untenstehenden Beispiel (Abb. 3) gelten die Blockdurchmesser und das Filtermaterial des blauen Feldes für  $J = 5\%$  und  $q^* = 3 \text{ m}^3/\text{sm}'$ .

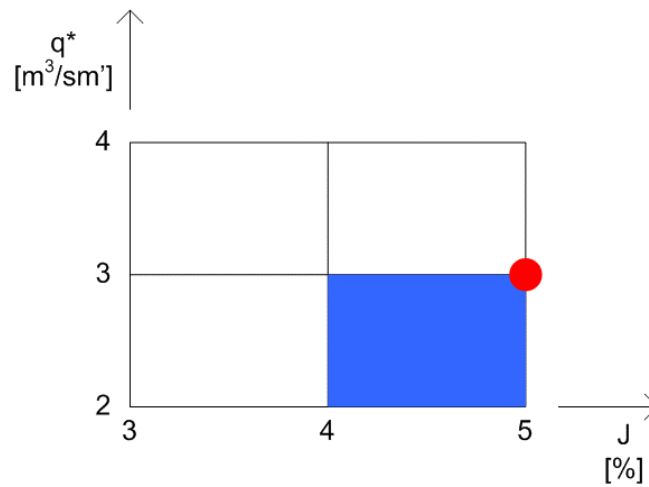
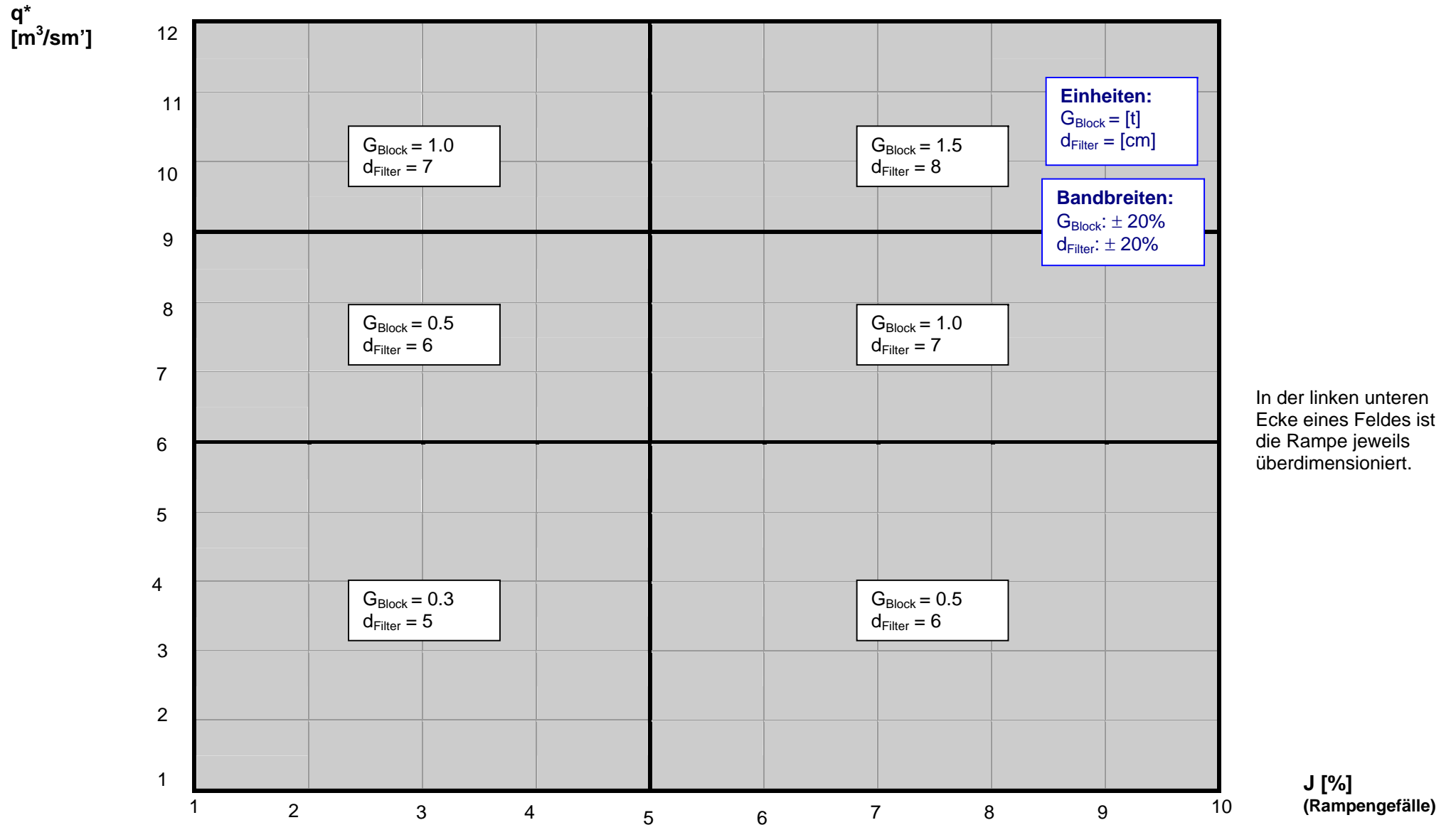


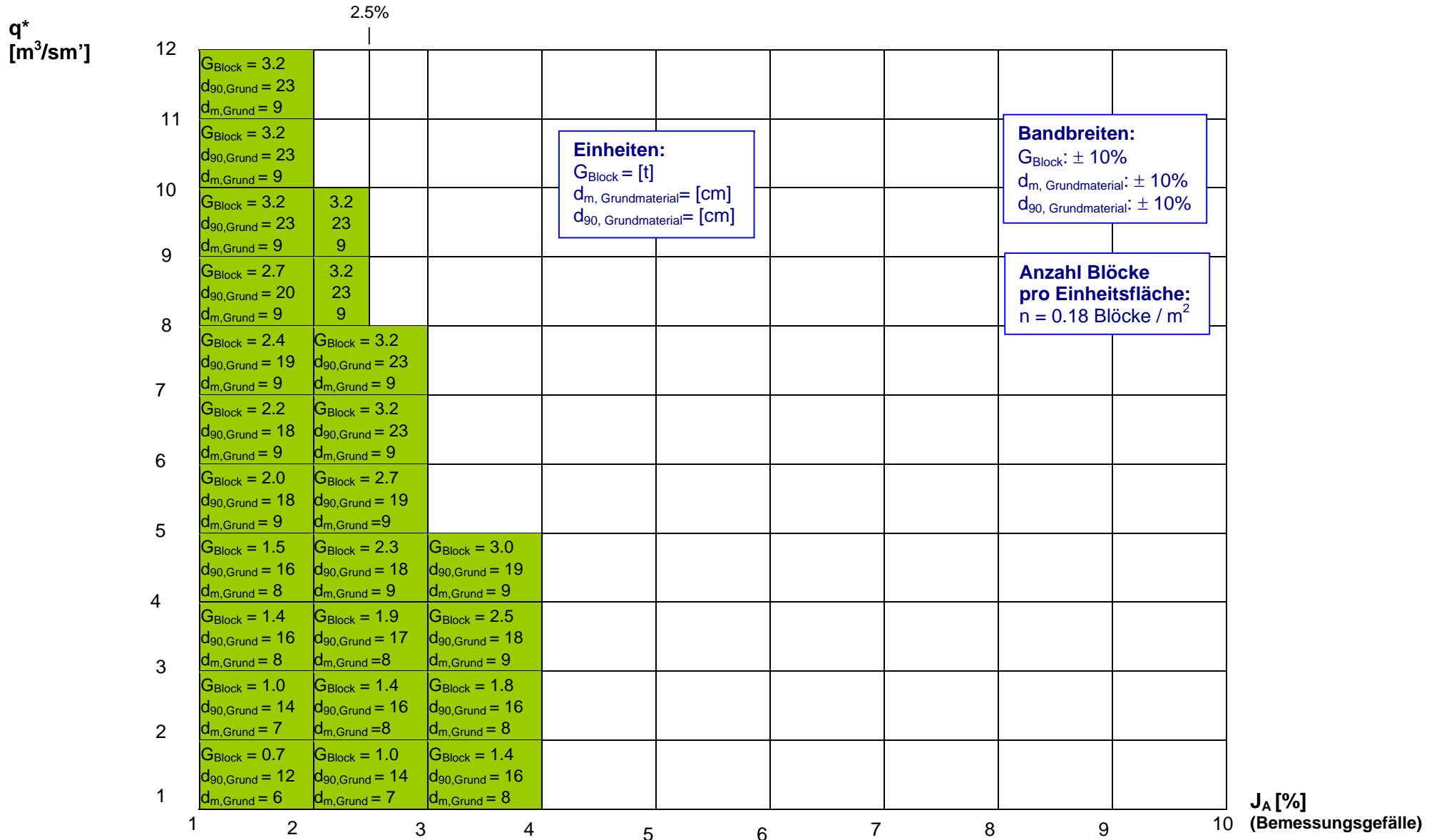
Abb. 3: Gültigkeitsbereich der Dimensionierungsangaben in den Zellen der Tab. 6 – 8

### Dimensionierung geschlossene, klassische Rampe



Tab. 6: Dimensionierungsgrößen für die geschlossene, klassische Rampe (Blockgewichte gerundet)

### Dimensionierung aufgelöste, unstrukturierte Rampe



Tab. 7: Dimensionierungsgrößen für die aufgelöste, unstrukturierte Rampe (Blockgewichte gerundet)



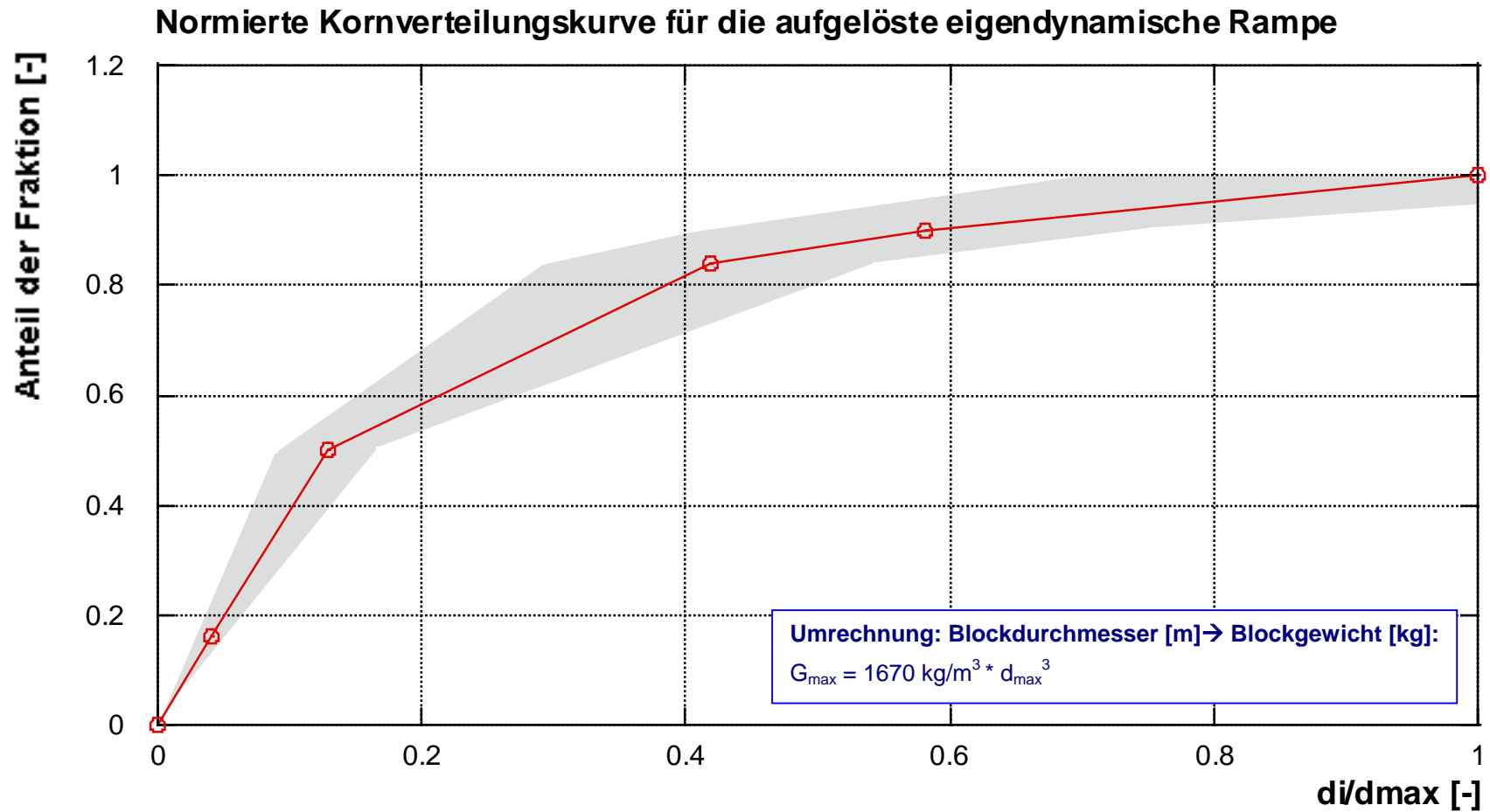


Abb. 4: Kornverteilung für die eigendynamische Rampe (Korndurchmesser normiert) mit Bandbreite der erlaubten Streuung

## 4 Konstruktive Hinweise

### 4.1 Geschlossene, klassische Rampe

Eine geschlossene, klassische Rampe wird auf die Endsohle eingebaut (Abb. 5), weil sich bei dieser Bauweise keine oder nur unwesentliche Setzungen des Rampengefüges einstellen werden. Zwischen dem Referenzpunkt A und der natürlichen Sohle wird sich ein Versatz ausbilden, welcher je nach Abfluss variiert. Der Referenzpunkt B muss immer eingestaut sein. Er sollte darum auf der Höhe der heutigen Sohle am Ende der Kolkzone eingebaut werden. Die Dimensionierung der Blöcke sowie des Filtermaterials (Tab. 6) erfolgt aufgrund des Rampengefälles  $J$ . Die Rampe soll möglichst ausgeprägte Strukturen - durch die gezielte Anordnung der Blöcke - aufweisen, um die Fischdurchgängigkeit zu gewährleisten.

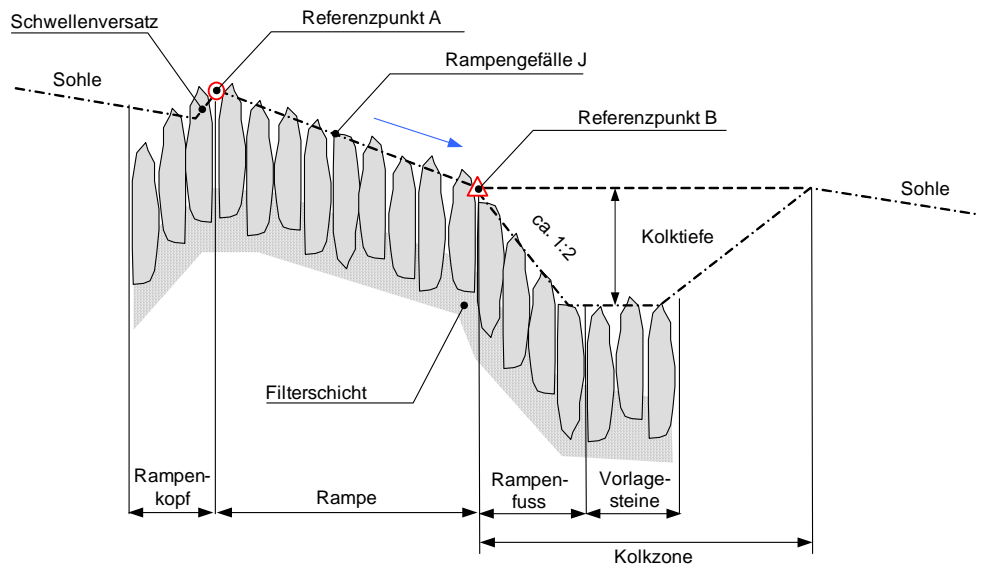


Abb. 5: Konstruktive Details der geschlossenen, klassischen Rampe

## 4.2 Aufgelöste, unstrukturierte Rampe

Die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich (VAW) untersuchte das Verhalten von aufgelösten, unstrukturierten Rampen (Abb. 6). Sie stellte fest, dass die beim Bau der Rampe eingebaute Sohle nicht stabil bleibt, sondern dass mit einer nicht genau vorhersehbaren Abflachung zu rechnen ist. Die VAW schlägt darum vor, oberhalb der Rampe eine Pufferzone anzuordnen. Im Falle einer Abflachung oder auch bei einer Überlastung der Rampe erfolgt eine Rotation bis zum Endgefälle  $J_E$ . Das Endgefälle ist ca. 0.5% bis 1% kleiner als das Bemessungsgefälle  $J_A$ <sup>5</sup>. Die Länge der Pufferzone ergibt sich aufgrund der Differenz zwischen dem Bemessungsgefälle und dem Endgefälle sowie der Höhe der Rampe. Die Dimensionierung der Blöcke sowie des Grundmaterials<sup>6</sup> erfolgt aufgrund des Bemessungsgefälles  $J_A$  (Tab. 7). Eine mögliche Abflachung wird durch den Einbau der Blöcke auf die Endsohle vorweg genommen. Anschliessend werden die Blöcke mit Grundmaterial überschüttet. Durch den Abtrag der Überschüttung wird die Rampe "eingeschwemmt" und es bildet sich eine Deckschicht. Ein weiteres Einsinken der Blöcke ist immer noch möglich.

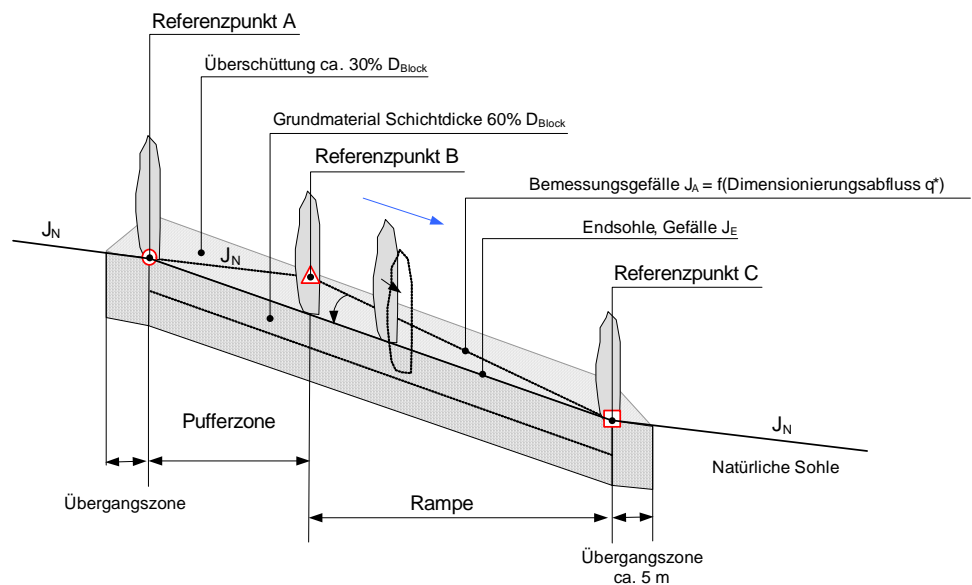


Abb. 6: Konstruktive Details der aufgelösten, unstrukturierten Rampe

<sup>5</sup>  $J_E = J_A - 0.5\%$  für  $J_A < 2\%$  und  $J_E = J_A - 1\%$  für  $2\% < J_A < 4\%$ . Diese Abflachungen, es handelt sich dabei um ungefähre Angaben, ergeben sich, wenn die Rampe mit einem um ca. 30 % höheren Abfluss als  $q^*$  belastet wird. Die volle Stabilität wird erst nach mehreren Belastungen, welche zu einer Deckschichtbildung führen, erreicht.

<sup>6</sup> Das benötigte Grundmaterial ist in den Bächen des Mittellandes in den meisten Fällen gröber als das anstehende Sohlenmaterial.

### 4.3 Aufgelöste, eigendynamische Rampe

Bei der aufgelösten, eigendynamischen Rampe wird die Ausgangssohle überhöht eingebaut (Abb. 7). Die endgültige Sohlenlage stellt sich erst bei einer Abflachung der Rampe infolge einer grösseren hydraulischen Belastung und der Bildung der zur Stabilisierung der Rampe notwendigen Sohlenformen ein. Die Strukturierung der Rampe erfolgt rein durch die hydraulische Belastung. Die Dimensionierung der Kornverteilung des geschütteten Materials sowie des Ausgangsgefälles erfolgt aufgrund des Endgefälles  $J_E$  (Tab. 8).

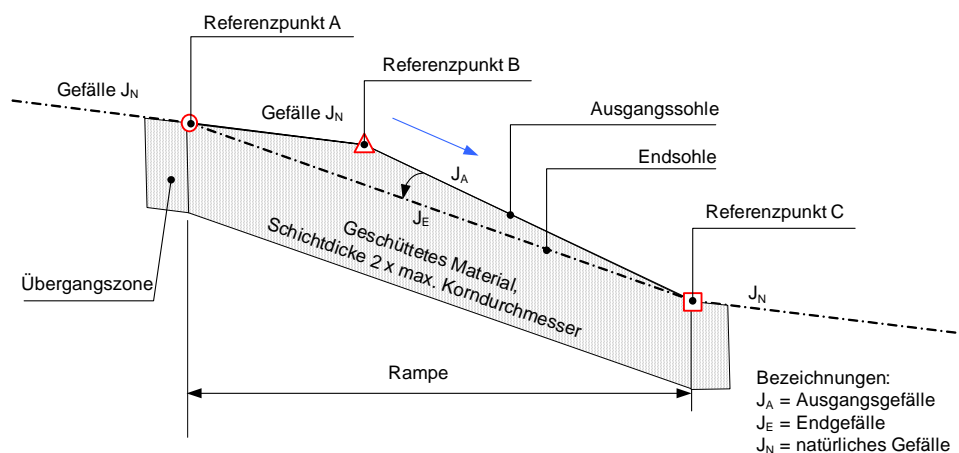


Abb. 7: Konstruktive Details der aufgelösten, eigendynamischen Rampe

### 4.4 Integration einer bestehenden Schwelle in eine neue Rampe

Falls eine bestehende Schwelle nicht entfernt wird, muss diese in den neuen Rampenkörper integriert werden. Auch ein Teilabbruch käme in Frage. Dabei stellen die Schnittstellen zwischen den beweglichen (Blöcke des Rampenkörpers) und unbeweglichen (bestehende Schwelle) Teilen eine Problemstelle dar.

- Bei den geschlossenen, klassischen Rampen sollte die bestehende Schwelle ohne Kontaktstellen in den neuen Rampenkörper integriert werden. Abb. 8 stellt einen möglichen Einbau im Bereich des Rampenkopfes dar. Die neue Rampenkronen liegt dann deutlich über der alten Schwelle, was zu höheren Wasserspiegeln im Oberwasser und evtl. zu einer Rückwärtsauflandung führt.



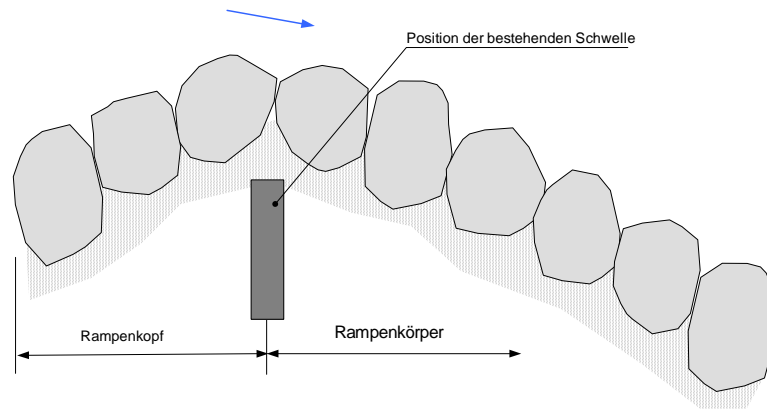


Abb. 8: Einbau einer bestehenden Schwelle in eine neue geschlossene, klassische Rampe

- Bei einer aufgelösten, unstrukturierten oder eigendynamischen Rampe kann die neue Rampe an die bestehende Schwelle angebaut werden (Abb. 9). Wenn möglich sollte die Krone der bestehenden Schwelle tiefer gelegt werden. Auch bei dieser Variante ist die Hochwassersicherheit zu beurteilen.

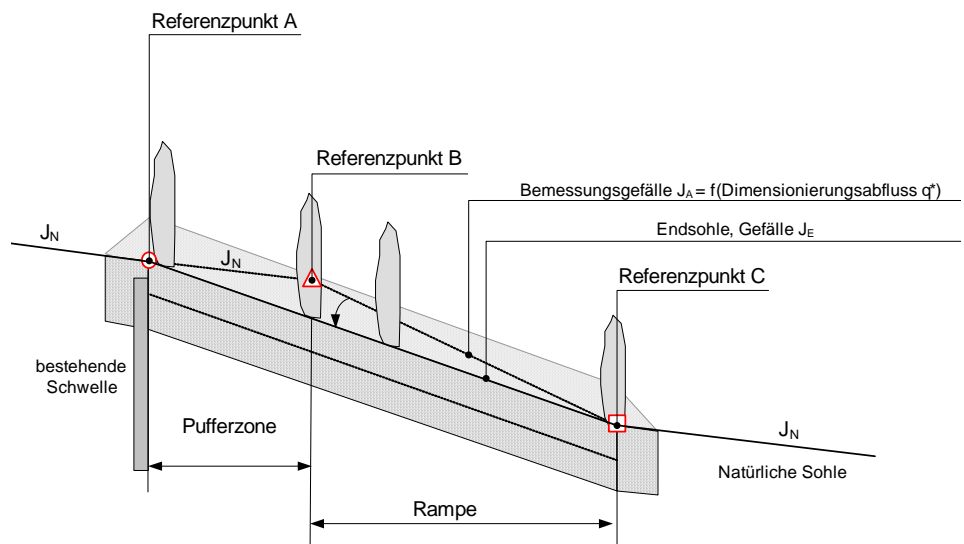


Abb. 9: Einbau einer bestehenden Schwelle in eine neue aufgelöste, unstrukturierte resp. eigendynamische Rampe

#### 4.5 Bauweise und -vorgang

- An Stelle des in Abb. 5 vorgeschlagenen Rampenfusses wäre auch eine Fussicherung mit Eisenbahnschienen oder mit einer Spundwand möglich. Auf diese Art der Sicherung sollte aber wenn immer möglich verzichtet werden.
- Blockrampen sollten von unten nach oben und falls möglich mit einer Wasserhaltung eingebaut werden.

#### 4.6 Materialeigenschaften

- Für die Blöcke muss abrasions- und frostsicheres Material verwendet werden.
- Das ausgeschriebene Gewicht der Blöcke soll eine verhältnismässig enge Bandbreite aufweisen (vgl. Tab. 6 – 8). Auf der Baustelle sollten Mustersteine zur Kontrolle zur Verfügung stehen.

*Für geschlossene, klassische Rampen:*

- "Formwilde" Blöcke eignen sich besser als Findlinge (gerundetes Material).
- Für die Filterschicht ist kantiges Material besser geeignet als gerundetes Material.
- Das Filtermaterial sollte relativ einheitliche Korngrössen aufweisen.

*Für aufgelöste, unstrukturierte Rampen:*

Wenn immer möglich sollte das anstehende Sohlenmaterial als Grundmaterial verwendet werden. Die angegebenen Richtwerte müssen aber eingehalten werden und die Schichtdicke muss genügend gross sein. Feinmateriallinsen müssen ersetzt werden.

#### 4.7 Grundriss der Rampe

Da die Rampen im Unterwasser mehrheitlich tiefer ins Terrain eingeschnitten sind als im Oberwasser, sind drei unterschiedliche Grundrissformen möglich (Abb. 10):

- Fall 1 Die Sohlenbreite ist konstant, die Gerinnebreite ist im Unterwasser grösser.
- Fall 2 Die Sohlenbreite ist im Unterwasser geringer, die Gerinnebreite ist konstant.
- Fall 3 Das Oberwasser der Rampe wird aufgeweitet.

Die Wahl der Grundrissform hat aufgrund der lokalen Verhältnisse zu erfolgen. Für die Bemessung ist der spezifische Abfluss des kleinsten Querschnitts entscheidend.

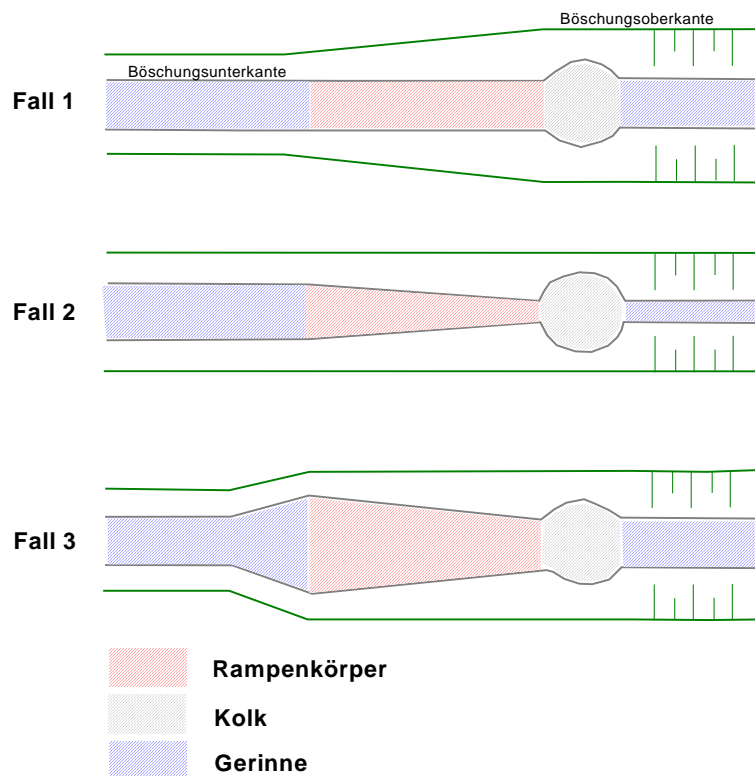


Abb. 10: Mögliche Grundrissformen für eine geschlossene, klassische Rampe

## 5 Versagensmechanismen

Die Schadenereignisse der letzten Jahre haben verdeutlicht, dass die Dimensionierung und Ausführung von Rampen immer noch mit Schwierigkeiten und Unsicherheiten verbunden sind. Für die Praxis ist es wichtig, die relevanten Versagensmechanismen zu kennen, um bei der Planung und Ausführung Fehler zu vermeiden.

Die Erfahrungen mit beschädigten Rampen sowie Laborversuche zeigen, dass je nach Rampentyp unterschiedliche Versagensmechanismen auftreten und dass dabei das Verhältnis zwischen den Blockdurchmessern und der Filterschicht resp. dem Grundmaterial eine bedeutende Rolle spielt. Falls die Rampe so aufgebaut ist, dass die Blöcke auf dem Untergrundmaterial eher abgleiten, ist mit einem plötzlichen Versagen zu rechnen. Falls die Blöcke im Überlastfall aber zum Einsinken tendieren, so verbleiben sie im Rampenkörper und die Rampe kann sich den Belastungen anpassen.

*Geschlossene,  
klassische Rampen*

Bei den geschlossenen, klassischen Rampen können drei unterschiedliche Versagensmechanismen auftreten:

1. Direkte Erosion der Blöcke
2. Indirekte Erosion durch Ausschwemmen des Filtermaterials
3. Abgleiten des Rampenfusses in den Kolk

Mit Hilfe der in diesem Manual vorgeschlagenen Bemessungsgrundlagen kann das Risiko für das Auftreten dieser Schadensprozesse minimiert werden. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die Blöcke für die Rampe, für den Kolkenschutz und für die Ufersicherungen exakt verlegt werden und dass die geforderten Abmessungen (Durchmesser der Blöcke und des Filtermaterials) eingehalten werden.

Problematisch bleibt die Integration einer bestehenden Schwelle in einen neuen Rampenkörper. Zwar bietet die alte Schwelle einen zusätzlichen Schutz, auf der anderen Seite zeigt die Erfahrung, dass die Kombination von starren (alte Schwelle) und beweglichen (neue Blockrampe) Elementen ein Risiko darstellt.

Abb. 11 zeigt eine geschlossene, klassische Rampe in einem Gebirgsfluss. Bei dieser Rampe lagen die Blöcke der Rampe teilweise auf einem betonierten Querriegel auf. Die Vermutung geht dahin, dass wegen

ungleichen Setzungen die hydraulische Belastung im Bereich des Querriegels zu gross wurde und die Blöcke darum herausgerissen wurden.



Abb. 11: Beispiel für eine zerstörte Rampe in einem Gebirgsfluss

Das flexiblere Rampenbauwerk sollte darum so eingebaut werden, dass ein direkter Kontakt mit den starren Elementen einer bestehenden Schwelle vermieden wird (vgl. Vorschlag in Abb. 8).

#### *Aufgelöste Rampen*

Aufgelöste unstrukturierte oder eigendynamische Rampen weisen gegenüber klassischen Blockrampen einen wesentlich günstigeren Versagensmechanismus auf, weil sie die Fähigkeit haben, Bewegungen mitzumachen. Voraussetzung dafür ist, dass die Blöcke im Überlastfall nicht abgleiten sondern einsinken und damit eine Anpassung des Rampengefälles (vgl. Abb. 12) möglich wird. Bei der Wahl der in diesem Manual vorgeschlagenen Bemessungsgrundlagen wurde auf dieses Verhalten Rücksicht genommen. Bei der Ausführung ist darauf zu achten, dass die angegebenen Verhältnisse zwischen Blockdurchmesser und Durchmesser des Grundmaterials eingehalten werden.

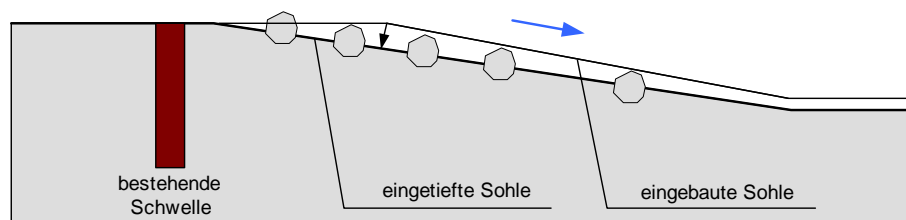


Abb. 12 Anpassung des Rampengefälles im Falle einer Überlastung

## **6 Kriterien für die Fischdurchgängigkeit**

### **6.1 Einleitung**

Fischökologische Erfolgskontrollen an Blockrampen sind bisher kaum durchgeführt worden. Vorhandenes Wissen basiert eher auf vereinzelt Beobachtungen als auf wirklichen Experimenten und systematischem Monitoring. Die vorliegenden Erkenntnisse sind daher noch nicht ausreichend und erlauben keine abschliessenden Aussagen.

Basierend auf untersuchten Schwimmleistungen von Fischen, wenigen Hinweisen aus der Literatur und vier durch die Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Eawag) durchgeführte Erfolgskontrollen an Blockrampen sind die folgenden Ausführungen als vorläufige Empfehlungen zu verstehen. Umfassendere Beurteilungen werden ab Ende 2009 möglich sein, wenn die geplanten Untersuchungen der EAWAG, welche im Rahmen des Projektes „Integrales Flussgebietsmanagement“ durchgeführt werden, vorliegen.

### **6.2 Durchgängigkeit und Abfluss**

Grundsätzlich sollen Rampen bei den häufigsten Abflusssituationen für Fische passierbar sein, denn Fische wandern das ganze Jahr. Während zirka 300 Tagen im Jahr (Q30 bis Q330) ist die Funktionsfähigkeit der Rampen sicherzustellen (NRW, 2005).

### **6.3 Fischereiliche Zonierung der Fliessgewässer**

Anhand von Gefälle und Breite lassen sich die Fliessgewässer einer fischereilichen Zone zuordnen (Tab. 9). Diese Zone wird nach der dort vorhandenen dominanten Fischart benannt, der eine Leitartfunktion zukommt (Tab. 10). Zusätzlich treten weitere typische Standortfische auf. Das Klassifikationsprinzip nach Illies berücksichtigt zudem Jahrestemperaturamplituden sowie Strukturen der Bach- und Flusssohle.

Gefälle [%] für Gewässerbreiten von					
	< 1 m	1 - 5 m	5 - 25 m	25 - 100 m	> 100 m
Epi-Rhithral	10,00-1,65	5,00-1,50	2,00-1,45		
Meta-Rhithral	1,65-1,25	1,50-0,75	1,45-0,60	1,250-0,450	
Hypo-Rhithral		0,75-0,30	0,60-0,20	0,450-0,125	-0,075
Epi-Potamal		0,30-0,10	0,20-0,05	0,125-0,033	0,075-0,025
Meta-Potamal		0,10-0,00	0,05-0,00	0,033-0,000	0,025-0,000
Hypo-Potamal	Von den Gezeiten beeinflusster Mündungsbereich				

Tab. 9: Gefällegliederung der Fließgewässer (Huet, 1949)

	Rhithral			Potamal		
Fließ- gewässer- zonierung	Epi	Meta	Hypo	Epi	Meta	Hypo
	Obere Forellenregion	Untere Forellenregion	Äschenregion	Barbenregion	Brachsenregion	Kaulbarsch-/Flunderregion
Leitart	Bachforelle	Bachforelle	Äsche	Barbe	Brachsen	Kaulbarsch und Flunder

Tab. 10: Fließgewässerzonierung (Illies, 1961) und Leitfischarten (NRW, 2005)

### 6.4 Fischökologische Anforderungen an Blockrampen

Die fischökologischen Anforderungen an Blockrampen hängen von der potenziell vorhandenen Fischfauna ab, welche weitgehend durch die fischereiliche Zonierung eines Gewässers bestimmt wird. Neben der aktuell vorhandenen Fischfauna sind auch Arten zu berücksichtigen, die sich in einem überschaubaren Zeitrahmen im jeweiligen Gewässer wieder einstellen könnten. Hierzu dient die potenziell natürliche Fischfauna, zu der alle Arten zählen, die ursprünglich in einem Gewässer heimisch waren und aktuell einen geeigneten Lebensraum vorfinden bzw. in absehbarer Zukunft wieder vorfinden werden (DVWK, 1996). Die Bestimmung der potenziell natürlichen Fischfauna soll durch eine fischökologische Fachkraft durchgeführt werden. Zu berücksichtigen sind dabei die Zonierung der Fischgewässer, die Biogeografie der Fische, die Lebensraumsituation, das Temperaturregime sowie historische Nachweise.

Alle aktuell im Gewässer vorkommenden Fischarten und ihre verschiedenen Altersstadien sollten entsprechend ihrer Dominanz das Bauwerk überwinden können (DVWK, 1996).

Als Arbeitshilfe für Blockrampen gibt Tab. 11 einen Überblick über mögliche Rampengefälle in den verschiedenen Fischzonen. Aus fischökologischen Gründen sind grundsätzlich aufgelöste Rampen zu bevorzugen.

Rampentyp	Obere Forellen-region	Untere Forellen-region	Äschen-region	Barben-region
<b>geschlossen, klassisch</b>	10 – 12%	3 – 5%	< 3%	1 – 2.5%
<b>aufgelöst, unstrukturiert</b>		< 3 %	< 3 %	
<b>aufgelöst, eigendynamisch</b>		< 3 – 6 %	< 3 – 4 %	1 – 2.5%

Tab. 11: Rampentyp und maximal mögliches Gefälle für verschiedene fischereiliche Zonen der Fließgewässer

- Bei aufgelösten, unstrukturierten und eigendynamischen Rampen sind die Abflussverzögerungen durch die Konstruktionselemente gegeben. Bei der geschlossenen, klassischen Rampe werden Abflusshindernisse durch die gezielte Anordnung unterschiedlicher Blöcke erzeugt.
- Für aufgelöste, unstrukturierte Rampen wird ein Gefälle < 3 % empfohlen (Lange, 2007).
- Bei steilen eigendynamischen Rampen (> 5 %) sind weitere fischökologische Abklärungen nötig.
- Bei langen Rampen ist darauf zu achten, dass keine kurzen Zwischenabschnitte entstehen, die sehr hohe Gefälle aufweisen.
- Groppen wandern auch durch den Lückenraum der Gewässersohle aufwärts (durchflossene Schotterfurt), sie benützen also den Porenraum der Flusssohle. Der Korndurchmesser soll dabei > 70 mm betragen (Hinterhofer et al., 1994).

Nach dem Bau einer Blockrampe sollte wenn immer möglich eine fischökologische Funktionskontrolle durchgeführt werden.



## 6.5 Literatur Fischdurchgängigkeit

DVWK, Fischaufstiegsanlagen – Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle, Merkblätter 232, 1996

R.- J. Gebler, Sohlrampen und Fischaufstieg, 1991

M. A. Hinterhofer et al., Fischaufstiegshilfen an Gebirgsflüssen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien, 1994

M. Huet, Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes, Schweiz. Z. Hydrol., Vol XI, Fasc. 3/4: 332-351, 1949

J. Illies, Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer, Int. Rev. Ge. Hydrobiol. 46: 205 – 213, 1961

D. Lange, Blockrampen – ökologische Bauwerke zur Sohlstabilisierung, VAW-Mitteilung Nr. 201, S. 5 - 21, 2007

NRW Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Handbuch Querbauwerke, 2005

unter Mitarbeit von:

Eawag  
Fischökologie und Evolution  
Dr. Armin Peter, dipl. Natw. ETH

Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich  
Tanja Janisch, dipl. Ing. Kulturtechnik und Wasserwirtschaft

Aarau, 15. Mai 2008

Hunziker, Zarn & Partner AG  
Ingenieurbüro für Fluss- und Wasserbau

Dr. Roni Hunziker, dipl. Bau-Ing. ETH  
Sonja Stocker, dipl. Umwelt-Ing. ETH