

Praxisanleitung zur Ausführung – Kurzfassung

Lukas Hunzinger, Franziska Opferkuch

Zusammenfassung

Aufgelöste unstrukturierte Blockrampen aus grossen, isolierten Einzelblöcken werden in Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekten vermehrt als Alternative zu klassischen Absturzbauwerken eingesetzt. Der folgende Artikel befasst sich mit ihrer baulichen Ausführung. Es werden konkrete Hinweise zu Bauablauf und Wasserhaltung gegeben und verschiedene Vorgehensweisen vorgestellt. Anschliessend werden Anforderungen an die Ausschreibung, Qualitätskontrolle, Dokumentation und das Monitoring formuliert.

Résumé

Dans le cadre de projets de protection contre les crues ou de revitalisation, des rampes en enrochement non-structurées composées de blocs isolés sont de plus en plus construites comme alternative aux ouvrages de chute. L'article suivant traite de la réalisation de la construction des rampes en enrochement non-structurées. Dans la première partie, le déroulement des travaux, l'épuisement des eaux ainsi que les différentes options de réalisation sont précisés. Ensuite, les exigences de l'appel d'offres, du contrôle de la qualité, de la documentation et de la surveillance sont définis.

1. Einleitung

Aufgelöste unstrukturierte Blockrampen bestehen aus grossen, isolierten Einzelblöcken. Sie dienen als Sohlenfixpunkte, garantieren gleichzeitig die Fischdurchgängigkeit und verhalten sich bei Überlast gutmütig. Aufgrund des wirksamen Schutzes gegen Sohlenerosion und der möglichen ökologischen Aufwertung des Gewässers werden aufgelöste unstrukturierte Blockrampen (sowie auch konventionelle Blockrampen) vermehrt als eine Alternative zu klassischen Absturzbauwerken in Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekten eingesetzt.

Im vorliegenden Artikel wird gezeigt, worauf bei der Bauausführung zu achten ist. Die Ausführungen stützen sich auf Erfahrungen, welche die Autoren in den letzten zehn Jahren mit dem Bau von insgesamt sechs aufgelösten Rampen an den Flüssen Simme, Fildrich und Kander gewonnen haben.

Der Artikel ist eine Kurzfassung der Publikation Hunzinger & Opferkuch 2017.

2. Bauablauf

2.1 Schütten des Rampenkörpers

Zu Beginn der Ausführung wird zunächst der Rampenkörper mit Material aufgeschüttet. Dazu wird vorzugsweise Sohlenmaterial des betreffenden Gewässers oder eines Zubringers verwendet. Ist das anstehende Material zu fein für die laut Bemessung erforderliche Blockgrösse, kann das verwendete Material durch Zugabe grober Körner angereichert werden. Wird für die Zugabe gebrochenes Material verwendet, sollte dessen Anteil nicht mehr als 30 % betragen. Die neue Zusammensetzung

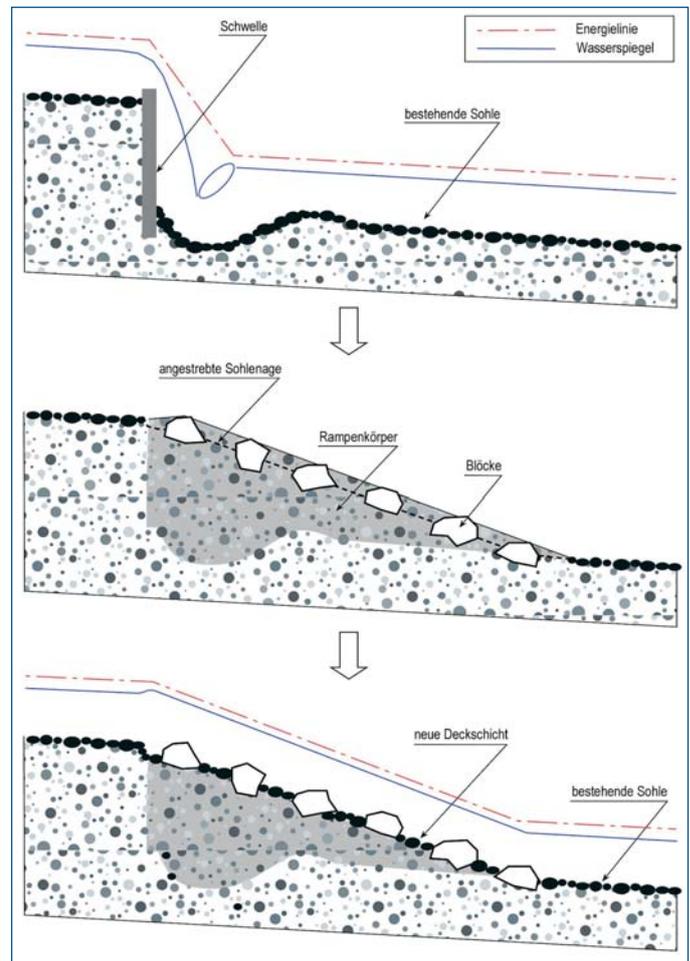


Bild 1. Schematische Darstellung des Anfangszustands (oben), des Zustands nach Ausführung (Mitte) und des Endzustands (unten) einer aufgelösten unstrukturierten Blockrampe.

zung des Rampenkörpers sollte möglichst einer natürlichen Korngrössenverteilung entsprechen. Weil es jedoch schwierig ist, Material in grossen Mengen zu mischen und damit eine natürliche Korngrössenverteilung zu erreichen, wird empfohlen, eine Anreicherung nur in Ausnahmefällen vorzunehmen.

Nach der Aufschüttung wird der Rampenkörper mit einer Walze oder einem Raupenbagger verdichtet. Die Höhe des Planums wird dabei je nach Vorgehen für das Setzen der Blöcke bestimmt (Kapitel 2.2).

2.2 Versetzen der Blöcke

Nach dem Aufschütten des Rampenkörpers werden im Bereich der Rampe in regelmässigen Abständen Blöcke in die Sohle versetzt. Der Blockdurchmesser und die Belegungsichte sind durch die Bemessung der Blockrampe vorgegeben und müssen auf die Zusammensetzung des Untergrundmaterials abgestimmt sein (*Tamagni et al., 2017*).

Es resultiert ein Rampenkörper mit erhöhter Sohlenlage auf der Höhe der Oberkante der Blöcke (*Bild 1, Mitte*). Beim ersten Hochwasserereignis nach Ausführung werden die feinen Sohlenanteile des Untergrundmaterials ausgewaschen, und auf der projektierten Endhöhe entsteht eine neue Deckschicht (*Bild 1, unten*).

Blöcke, welche am Fuss der Rampe zum Schutz gegen Sohlenerosion im Unterwasser gesetzt werden, werden direkt in die Sohle eingegraben. Dasselbe gilt für Blöcke, die im Oberwasser für die Sicherung bei Überlast angeordnet werden (Kapitel 2.3).

Die Rampe kann auf zwei verschiedene Arten aufgebaut werden, die im Folgenden genauer beschrieben werden. Der wichtigste Unterschied ist dabei die Höhe des Planums nach Aufschütten des Rampenkörpers.

Variante 1 – Aufsetzen der Blöcke: Das Planum wird auf der Höhe der angestrebten Sohlenlage erstellt, und die Blöcke der aufgelösten unstrukturierten Blockrampe werden einzeln auf das Planum aufgesetzt. Die Blöcke werden dabei in kleine Mulden gesetzt, um sie gut in das Planum einzubetten. Anschliessend werden die Zwischenräume der Blöcke mit dem vorgesehenen Untergrundmaterial aufgefüllt (*Bild 2*). Ein Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass die Anordnung der Blöcke sehr einfach kontrolliert und bei Bedarf nachgebessert werden kann. Ein Nachteil ist jedoch, dass die Rampe vor



Bild 2. Ausführung einer aufgelösten unstrukturierten Blockrampe an der Kander: Die Blöcke werden auf das Planum aufgesetzt und anschliessend mit Untergrundmaterial überschüttet.

dem Überschütten der Blöcke nicht mit Maschinen befahren werden kann. Ausserdem ist es schwierig, nach dem Überschütten der Blöcke das Untergrundmaterial in den Zwischenräumen zu verdichten.

Variante 2 – Eingraben der Blöcke: Das Planum wird auf der angestrebten Höhe der Oberkante der Blöcke erstellt. Die Blöcke der aufgelösten unstrukturierten Blockrampe werden anschliessend in das Planum eingegraben (*Bild 3*). Die Rampe ist während der gesamten Ausführung mit Maschinen befahrbar. Ausserdem sind die Zwischenräume zwischen den Blöcken mit dieser Vorgehensweise gut verdichtet. Ein Nachteil ist jedoch der Materialüberschuss, der durch den Voraushub entsteht. Im Weiteren lassen sich die Blöcke für eine Kontrolle von Lage und Höhe weniger gut identifizieren.

2.3 Schutz vor Überlast und vor Erosion am Fuss der Rampe

Die fachgerechte Bemessung und Ausführung einer Blockrampe garantiert ihre Stabilität bis zum Bemessungsabfluss. Bei Überlast verhält sich das Bauwerk gutmütig. Ein komplettes Versagen ist auch bei einer Überlastung wenig wahrscheinlich. Es können jedoch einzelne Blöcke abrollen oder einsinken, oder das Gefälle der Rampe kann sich abflachen (*Tamagni et al., 2007*).

Zum Schutz vor Überlast kann die Blockrampe im Oberwasser durch zusätzliche Blockreihen ergänzt werden. Die Blöcke müssen so angeordnet werden, dass die hydraulischen Bedingungen oberhalb der Blöcke gegenüber dem Zustand vor Bau der Rampe nicht verändert werden. Durch die zusätzlichen Blöcke im Oberwasser kann die Blockrampe auch bei einer Abflachung bei Überlast ihre Funktion weiterhin erfüllen.

Um die Stabilität der Rampe bei Sohlenerosion im Unterwasser sicherzu-



Bild 3. Ausführung einer aufgelösten unstrukturierten Blockrampe an der Simme in St. Stephan: Die Blöcke werden in das Planum eingegraben.

stellen, kann die Rampe flussabwärts unter die bestehende Sohle verlängert werden.

2.4 Belegungsichte und Anordnung der Blöcke

Die in der Bemessung definierte Belegungsichte entspricht in der Regel der minimalen Belegung, welche erforderlich ist, um die Stabilität der Deckschicht zu garantieren. Die Blöcke einer aufgelösten unstrukturierten Blockrampe werden nach Definition isoliert und zufällig über die Rampenfläche verteilt (*Tamagni et al., 2017*). Eine zufällige Verteilung lässt sich auf der Baustelle jedoch schlecht anleiten. Eine Alternative zur zufälligen Verteilung der Blöcke ist das Einsetzen der Blöcke im Schachbrettmuster, sodass keine geradlinigen freien Fließstrecken in Fließrichtung auftreten.

2.5 Anschluss an die Ufersicherung

Um den Anschluss der Blockrampe an die Ufersicherung zu gewährleisten, wird immer zuerst die Ufersicherung erstellt. Erst dann werden die Blöcke der Rampe versetzt (*Bild 4*). Die Blöcke können an den Uferschutz anlehnen, sie müssen sich aber bewegen können, ohne die Blöcke des Uferschutzes zu tangieren. Dieser könnte sonst aufgelockert und beschädigt werden.

2.6 Wasserhaltung

Für die Wasserhaltung während der Ausführung der aufgelösten unstrukturierten Blockrampe werden im Folgenden drei verschiedene Vorgehensweisen beschrieben:

- Option 1 – Erddamm: Ein Erddamm wird im Gerinne aufgeschüttet (*Bild 5*) und das Wasser auf einem Teil der Flussbreite abgeleitet. Die andere Hälfte wird dadurch trockengelegt. Nachdem die erste Hälfte der Blockrampe fertiggestellt ist, wird das Was-



Bild 4. Anschluss der aufgelösten unstrukturierten Blockrampe an die Ufersicherung: Die Ufersicherung wird zuerst erstellt, dann werden die Blöcke der Rampe versetzt (Kander).

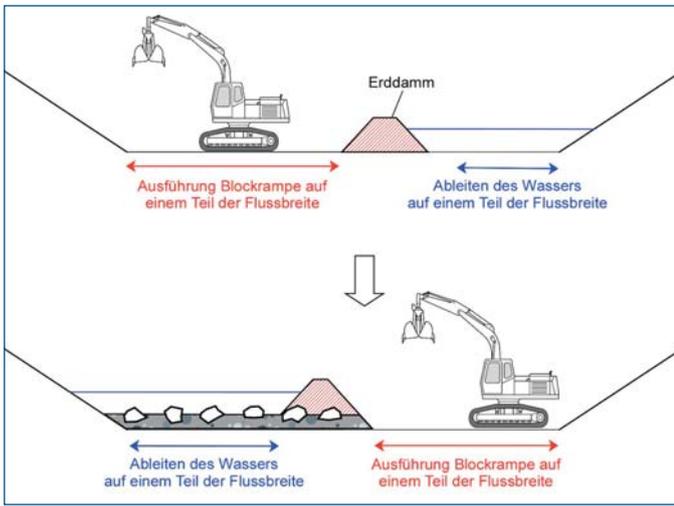


Bild 5. Aufschütten eines Erddamms in der Mitte des Gerinnes. Das Wasser wird auf einem Teil der Flussbreite abgeleitet. Die Blockrampe wird in zwei Etappen ausgeführt.

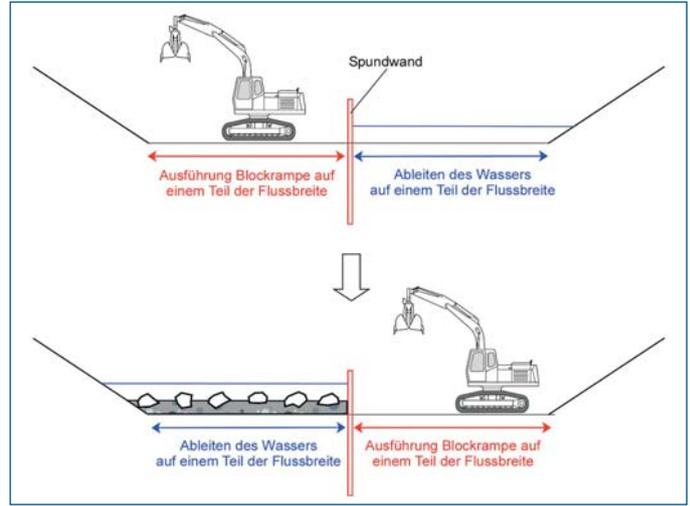


Bild 6. Einbringen einer Spundwand. Das Wasser wird auf einem Teil der Flussbreite abgeleitet. Die Blockrampe wird in zwei Etappen ausgeführt.

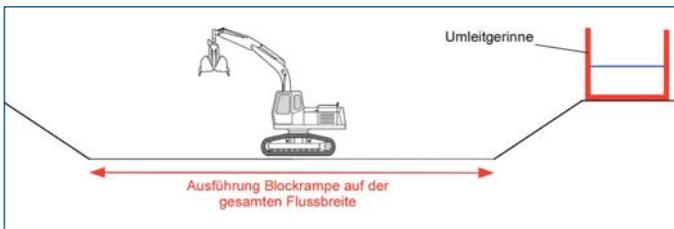


Bild 7. Ableitung des Wassers in einem Umleitgerinne.

ser über diesen Teil umgeleitet und die Blockrampe auf der zweiten Hälfte fertiggestellt (Bild 5, unten). Der Erddamm muss dafür versetzt werden. Um den Anschluss der zweiten Blockrampehälfte an die erste Hälfte sicherzustellen, werden die Blockreihen am Ufer markiert und Blockoberkanten mit Farbe markiert.

- Option 2 – Spundwand: Eine weitere Möglichkeit der Wasserhaltung ist das Einbringen einer Spundwand in der Gerinnemitte (Bild 6). Ähnlich wie bei Option 1 wird die Rampe schrittweise erstellt. Die Blöcke in der Gerinnemitte werden erst dann gesetzt, wenn die Spundwandelemente gezogen werden. Nach Fertigstellung der Blockrampe auf der zweiten Flusshälfte werden die Larssen Schritt für Schritt entfernt und wird jeweils ein Block an die Stelle der Spundwand gesetzt. Dabei wird vom unteren Ende der Rampe an flussaufwärts gearbeitet.
- Option 3 – Umleitgerinne: Eine dritte Option ist der Bau eines Umleitgerinnes und die Umleitung des gesamten Wassers (Bild 7). Voraussetzung für ein Umleitgerinne ist eine geringe Risikowassermenge. Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass durch das Umleiten des Wassers die Baustelle kom-

plett im Trockenen liegt und so ein rascher Baufortschritt gewährleistet werden kann.

3. Ausschreibung

Eine Ausschreibung zur Ausführung einer aufgelösten unstrukturierter Blockrampe sollte folgende Anforderungen erfüllen:

- Bereits in der Projektierungsphase sollte die Materialquelle des Schüttmaterials festgelegt werden. Nach Möglichkeit sollte Flusskies verwendet werden. Die Toleranz für die Korngrössenzusammensetzung erschliesst sich aus der Bemessung (Tamagni et al., 2017). Sie muss in der Ausschreibung festgelegt sein.
- Die Streuung der Blockgewichte sollte maximal ± 0.25 t betragen.
- In der Ausschreibung muss festgelegt werden, welche Qualitätskontrollen vor und während des Baus vergütet werden und welche Qualitätskontrollen zu Lasten der Unternehmung gehen.
- Um eine hohe Qualität zu gewährleisten, sollte das Qualitätsbewusstsein der Unternehmung hoch gewichtet werden.

4. Bauzeiten

Die Bauzeiten für den Bau aufgelöster unstrukturierter Blockrampen können je nach Rahmenbedingungen stark variie-

ren (erfahrungsgemäss 40–150 m²/Tag). Die effektive Bauzeit hängt unter anderem davon ab, welcher Aufwand für die Wasserhaltung betrieben werden muss, ob zwei Maschinen gleichzeitig im Einsatz stehen können (Platzverhältnisse) und ob für den Rampenkörper Material gemischt werden muss oder nicht. Bei Blockrampen in breiten Flüssen ist der Baufortschritt (in m²/Tag) in der Regel grösser als bei kleineren und mittleren Gewässern.

5. Qualitätskontrolle

Verschiedene Kontrollen sollen vor und während des Baus durchgeführt werden, um die Qualität der Ausführung einer aufgelösten unstrukturierter Blockrampe zu gewährleisten.

Um die Zusammensetzung des Untergrundmaterials zu kontrollieren, muss eine Siebanalyse durchgeführt werden. Dafür werden an verschiedenen Standorten Volumenproben des Untergrunds entnommen und die grobe Fraktion wird noch vor Ort ausgesiebt (Bild 8). Die Korngrössenverteilung der groben Fraktion wird mit Hilfe einer Volumenzahlanalyse bestimmt. Der Feinanteil der Probe kann in einem Baustofflabor ausgesiebt werden. Das Probevolumen muss genügend gross sein, so dass die groben Komponenten gut repräsentiert sind. Als Grundregel gilt für das Probevolumen:

$$V_{\text{Probe}} [\text{m}^3] \geq 2.5 d_{\text{max}} [\text{m}], \text{ wobei } d_{\text{max}} \text{ der grösste zu erwartende Korndurchmesser des Untergrundmaterials ist.}$$

Je nach tatsächlicher Zusammensetzung des Untergrundmaterials können das Rampengefälle und die Belegungs-dichte auf der Rampe aus der Projektierung übernommen werden oder müssen neu bestimmt werden. Unter Umständen



Bild 8. Siebanalyse des Untergrundmaterials (Simme, Bäuert-weidli), Aussieben der groben Komponenten.

muss das zur Schüttung des Rampenkörpers vorgesehene Material zurückgewiesen werden. Bei der Kontrolle des Untergrundmaterials ist deshalb eine enge Zusammenarbeit zwischen der örtlichen Bauleitung und dem Verfasser/der Verfasserin des Projekts besonders wichtig.

Weitere Qualitätskontrollen umfassen die Kontrolle der Höhenlage des Plans und der Positionierung der Blöcke (Bild 9). Die verwendeten Blockgrößen können entweder durch Wiegen beim Lieferanten oder auf der Baustelle kontrolliert werden.

Die hier beschriebenen Qualitätskontrollen erfordern eine regelmässige Präsenz der örtlichen Bauleitung auf der Baustelle.

6. Dokumentation

Die Dokumentation der ausgeführten Arbeiten ist ein wichtiger Bestandteil der Bauwerksdokumentation. Bei etwaigen Schadensfällen dient die Dokumentation der Beweissicherung. Dabei sind vor allem diejenigen Größen von Interesse, die die Stabilität der aufgelösten unstrukturierten Blockrampe gewährleisten. Die Dokumentation des ausgeführten Bauwerks sollte daher mindestens folgende Punkte beinhalten:

- Siebkurven des anstehenden und des eingebauten Materials
- Verwendete Blockgrößen auf der Blockrampe
- Belegungsichte in Blöcke/m²
- Position und Einbauhöhe der Blöcke

7. Monitoring und Nachbesserung

Eine aufgelöste unstrukturierte Blockrampe ist ein unterhaltsames Bauwerk. Ein regelmässiger Unterhalt des Bauwerks ist nicht notwendig, jedoch müssen nach einer Überlastung der Rampe möglicherweise einzelne Blöcke neu positioniert werden. Um die Rampenstabilität langfristig zu gewährleisten, ist ein regelmässiges Monitoring zu empfehlen. Das Monitoring kann in Form von Kontrollen der Blockrampen nach Belastung mit Hochwassern durchgeführt werden. Folgende Punkte sollten dabei kontrolliert werden:

- Kontrolle der Veränderung der Lage der Blöcke: Vermessung von Position und Höhenlage der Blöcke und Vergleich zu den Lagen bei Ausführung.
- Kontrolle der Veränderung der Sohlenlage in Ober- und Unterwasser.

Im Bedarfsfall müssen Nachbesserungen an aufgelösten unstrukturierten Blockrampen durchgeführt werden. Mögliche Mass-



Bild 9. Kontrolle der Positionierung der Blöcke (Simme, Latterbach).

nahmen zur Nachbesserung einer Rampe sind die Neupositionierung von Blöcken, das Ergänzen der Rampe im Ober- oder Unterwasser oder das Verkürzen der Rampe. In Einzelfällen ist auch eine Erhöhung der Belegungsichte möglich.

Dank

Die Recherchen zu dieser Publikation wurde vom Bundesamt für Umwelt unterstützt.

Literatur

Hunzinger, L., Opferkuch, F. (2017a). Aufgelöste unstrukturierte Blockrampen, Ausführung. In: Boes, R., ed., Aufgelöste unstrukturierte Blockrampen – Eine Praxisanleitung. VAW-Mitteilung 240, ETH Zürich.

Tamagni, S., Weitbrecht, V., Boes, R.M., 2017, Aufgelöste unstrukturierte Blockrampen, Praxisanleitung zur Dimensionierung – Kurzfassung. «Wasser Energie Luft» 109(1), 33–40.

Anschrift der Verfasser

Dr. Lukas Hunzinger, Franziska Opferkuch
Flussbau AG SAH, Schwarztorstrasse 7,
CH-3007 Bern

lukas.hunzinger@flussbau.ch

franziska.opferkuch@flussbau.ch