

7 Geschiebeschüttungen und Ufererosion

Zahlreiche Schweizer Fliessgewässer sind ökologisch beeinträchtigt, weil sie zu wenig Geschiebe führen. Mit Kiesschüttungen und einer induzierten Ufererosion kann die Geschiebeverfügbarkeit verbessert werden. Dadurch lassen sich unter anderem Lebensräume aufwerten und die Sohlenerosion vermindern. Das vorliegende Merkblatt erläutert die beiden Massnahmen anhand von Fallbeispielen und beschreibt ihre ökologischen Auswirkungen. Des Weiteren zeigt es, wie beide Massnahmen geplant und umgesetzt werden.

F. Friedl, E. Battisacco, L. Vonwiller, S. Fink, D. Vetsch, V. Weitbrecht, M. J. Franca, Ch. Scheidegger, R. Boes, A. Schleiss

Fliessgewässer mit einem Geschiebedefizit, z. B. aufgrund fehlender Geschiebedurchgängigkeit oberstrom liegender Stauhaltungen, sind oft ökologisch stark beeinträchtigt. Eine mögliche Aufwertungsmassnahme ist die Erhöhung der Geschiebeverfügbarkeit, beispielsweise durch Geschiebeschüttungen oder Förderung der Ufererosion (Abb. 1). Bei erhöhtem Abfluss oder Hochwasser erodiert die Schüttung (Abb. 2) bzw. das Ufer, und dem Unterlauf wird dadurch mehr Geschiebe zugeführt. Die-

ses kann sich an der Flusssohle umlagern und dynamische morphologische Strukturen bilden. Die Hauptziele von Schüttungen und Ufererosion sind: (i) Verringerung des Geschiebedefizits; (ii) Aufwertung aquatischer und terrestrischer Lebensräume für Fische, Makroinvertebraten und Pflanzen; (iii) Verhinderung einer fortschreitenden Sohlenerosion und Schutz von Brücken oder Uferverbauungen (z. B. Kondolf und Minear 2004). Im Folgenden werden technische und ökologische Aspekte von Geschiebeschüttungen und induzierter Ufererosion erläutert und anhand von Fallbeispielen veranschaulicht. Im Rahmen des Forschungsprojekts «Geschiebe- und Habitatsdynamik» wurden Gebirgsflüsse (steiles Gefälle) mit mehrheitlich grosser Strömungsbelastung und Flachlandflüsse (flaches Gefälle) mit tendenziell geringerer Strömungsbelastung untersucht.

Geschiebeschüttungen

Planung und Ausführung

Arten, Lage und Form der Schüttungen

Bei Geschiebeschüttungen wird zwischen direkter und indirekter Anreicherung unterschieden. Bei einer direkten

Abbildung 1

Schematische Darstellung von Geschiebeschüttungen und Ufererosion (links). Ausführung einer Geschiebeschüttung an der Reuss unterhalb von Bremgarten (AG; rechts).

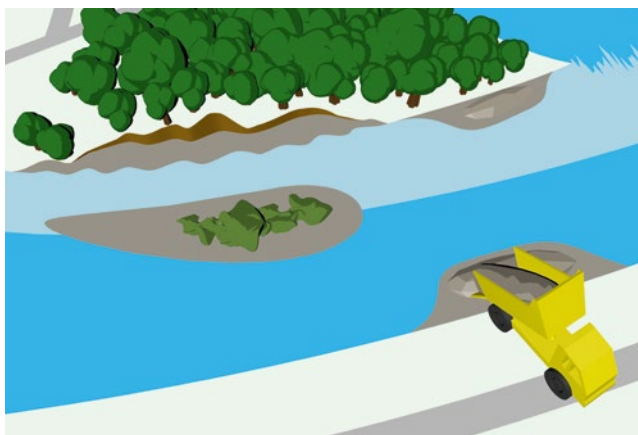


Abbildung 2

Geschiebeschüttung an der Töss bei Sennhof, Winterthur (ZH). Situation direkt nach der Schüttung (links) und einen Monat später, nach einer Abflussspitze leicht unter einem HQ₁ (rechts).



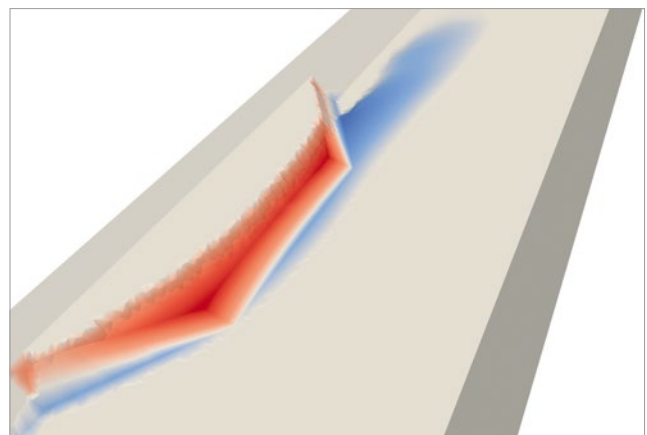
Fotos: AWEL

Anreicherung werden Geschiebeschüttungen so angelegt, dass an ökologisch geeigneten Standorten morphologische Strukturen wie Geschiebebänke oder Furten entstehen. Dieser Typ von Schüttung ist nur umsetzbar, wenn es einen direkten Zugang zum Fließgewässer gibt. Bei der indirekten Anreicherung wird das Material an logistisch und hydraulisch geeigneten Standorten bzw. an strömungsreicheren Orten geschüttet. Wenn der Abfluss genügend gross ist, wird das Schüttmaterial mobilisiert und hydraulisch flussabwärts verfrachtet, wo sich –

je nach Gegebenheiten – bestehende morphologische Strukturen stärker ausprägen oder neue Strukturen bilden. Das Geschiebe kann entweder bei Niedrigwasser in den Fluss (Abb. 1) oder bei grösseren Abflüssen auf die Vorländer geschüttet werden. Aus verschiedenen Gründen wird die indirekte Anreicherung häufiger angewendet als die direkte: die Kosten sind tiefer, die Durchführbarkeit einfacher, der Eingriff in den aquatischen Lebensraum geringer, und oft ist der Zugang zu Fließgewässern eingeschränkt.

Abbildung 3

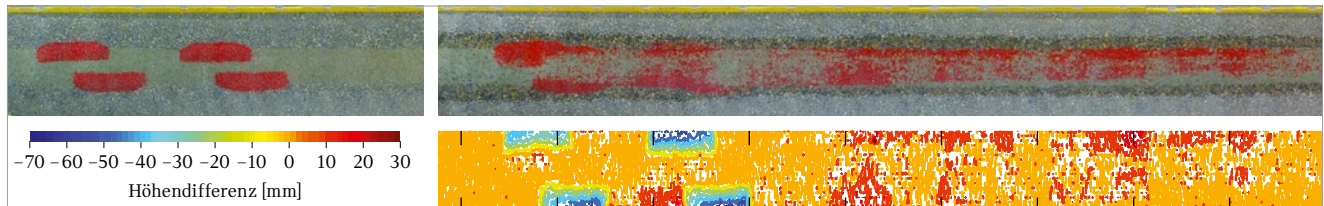
Erosionsversuche von Geschiebeschüttungen im physikalischen (links) und numerischen Modell (rechts) zum gleichen Zeitpunkt. Rechts: Die Ausbreitung des erodierten Geschiebes ist anhand der sich stromabwärts ausbildenden Sedimentzunge (blau) erkennbar. Zudem ist das erodierte Volumen (rot) der Schüttung ersichtlich.



Quelle: VAW

Abbildung 4

Geschiebeanreicherung durch alternierende Schüttungen im Laborversuch. Links: anfängliche Anordnung. Rechts: Ablagerungen nach 9 Stunden konstantem Abfluss. Die Abbildung zeigt ein Foto (oben) und den Differenzplot aus der Laservermessung (unten). Im Differenzplot kennzeichnen die Farben die Erosion (negative Werte in der Legende) oder die Ablagerungen (positive Werte).



Quelle: LCH-EPFL

Geschiebeschüttungen sollten möglichst nahe der Stelle erfolgen, wo das Schüttungsmaterial gewonnen worden ist. Somit lassen sich der Transportweg und die durch den Transport verursachten Emissionen minimieren. Die Schüttungsplätze sind mit Bedacht zu wählen, um allfällige Eingriffe im Uferbereich zu minimieren, z.B. die Erstellung von Zufahrtstrassen. Damit lassen sich auch Kosten sparen.

Laboruntersuchungen im Rahmen des Forschungsprojekts «Geschiebe- und Habitatsdynamik» haben gezeigt, dass mehrere parallel oder alternierend angeordnete Schüttungen zu einer länger andauernden Geschiebeanreicherung in Gebirgsflüssen führen (Battisacco 2016). Des Weiteren haben physikalische Modellversuche für Flachlandflüsse (Friedl et al. 2016) ergeben, dass eine Geschiebeschüttung in Form einer Insel deutlich schnell-

er erodiert wird als eine Schüttung unmittelbar am Ufer. Dies liegt daran, dass im Fall der Insel zwei Böschungen von der Strömung angegriffen werden. Zudem ist gezeigt worden, dass Geschiebeschüttungen die weniger als 30 % der Flussbreite einnehmen (Verbauungsgrad < 30 %) nur zu einem geringfügigen Aufstau oberstrom führen (< 20 % der Ausgangsabflusstiefe). Der Aufstau kann mit der Gleichung von Oak und Smith (1994), die für einzelne Bühnen entwickelt worden ist, abgeschätzt werden.

Die im Labor beobachteten Erosionsprozesse können mit numerischen Simulationen gut nachgebildet werden (Abb. 3). Vonwiller et al. (2016) haben gezeigt, dass in diesen Modellen drei Komponenten (Modellansätze) enthalten sein müssen: (i) der laterale Geschiebetransport, der die Ablenkung des Transports aufgrund einer seitlich geneigten Flusssohle berücksichtigt, (ii) der gravitationsinduzierte Böschungskollaps, der das Abrutschen der Böschung bei Überschreiten der kritischen Böschungeneigung abbildet, und (iii) eine Reduktion der kritischen Sohlschubspannung aufgrund des lokalen Sohlgefälles in Strömungsrichtung.

Abbildung 5

Geschiebeschüttung an der Aare bei Aarwangen (BE).



Foto: Flussbau AG

Abschätzung der Transportrate und Schüttvolumen
Die Transportrate in einem Flussabschnitt für verschiedene Abflüsse und Ganglinien lässt sich mithilfe einfacher Berechnungsansätze abschätzen, anhand physikalischer Modellversuche oder mit numerischen Modellen (z. B. BASEMENT; Vetsch et al. 2016). Die Kornverteilung des Schüttmaterials spielt dabei eine massgebende Rolle. Beim Festlegen des Schüttvolumens können sich die Verantwortlichen an der naturnahen mittleren jährlichen Geschiebefracht orientieren oder an einer Fracht,

die naturnahe morphologische Strukturen ermöglicht. Ausserdem sind die Anforderungen an den Hochwasserschutz zu berücksichtigen. Ein Monitoring ist unabdingbar, um die Unsicherheiten bei den Transportberechnungen zu minimieren, allfällige unerwünscht hohe Sohlanlandungen zu entdecken und die Schüttungen zu optimieren.

Herkunft Schüttmaterial

Das Schüttmaterial wird aus Geschiebesammlern, aus Stauräumen oder aus Kiesgruben gewonnen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Verteilung der Korngrößen den lokalen ökologischen Anforderungen entspricht. Grundsätzlich sollte flusstypisches Geschiebe, das aus dem Fluss selbst stammt, verwendet werden. Im voralpinen Raum und im Schweizer Mittelland sind es in der Regel Gemische der Kornfraktionen Sand und Kies; diese können eine Aussiebung oder Mischung des Materials erfordern. Material mit einem hohen Feinsedimentanteil oder organischen Anteil ist aus ökologischen Gründen je nach Situation ungeeignet. Ausserdem kann Material mit viel Feinsediment Trinkwasserfassungen entlang des unterstromigen Gewässers beeinträchtigen.

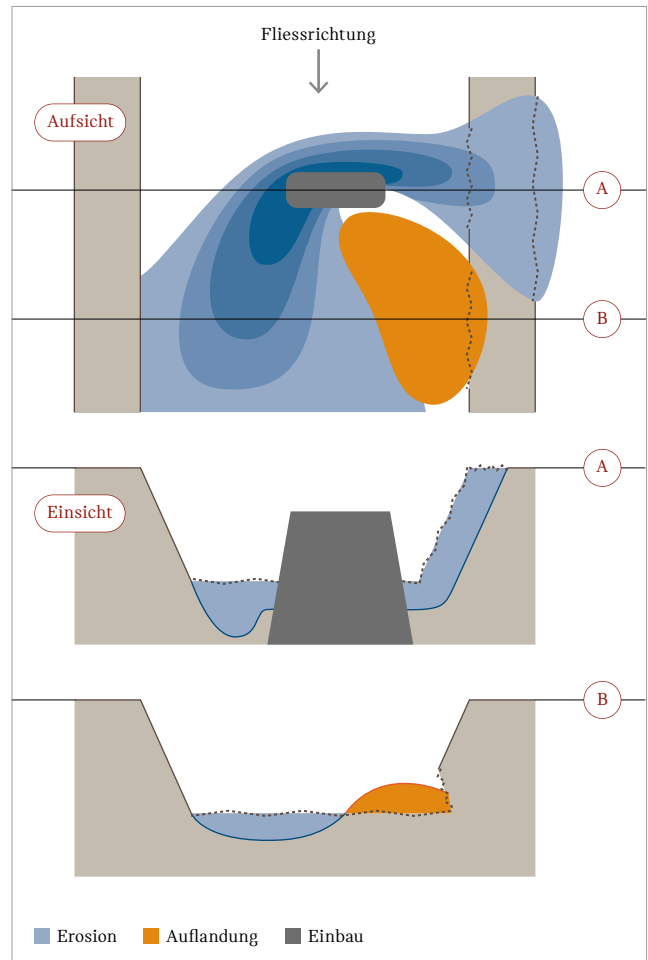
Räumliche und zeitliche Wirkung

Friedl et al. (2016) haben auf Grundlage von Modellversuchen gezeigt, dass bei Geschiebeschüttungen neben den Abflussverhältnissen die Kornverteilung, der Verbauungsgrad und die Lage im Gewässer den grössten Einfluss auf den zeitlichen Verlauf des Erosionsprozesses haben, während Schüttdichte, -höhe und -länge eine untergeordnete Rolle spielen.

Gemäss Laboruntersuchungen im Rahmen des Forschungsprojekts «Geschiebe- und Habitatsdynamik» von Battisacco (2016) ist die Ausbreitung und Beständigkeit der Ablagerungen im Unterlauf der Schüttungen optimal, wenn der anfängliche Abfluss die Schüttungen gerade überdeckt. Des Weiteren wurde beobachtet, dass eine parallele Anordnung der Schüttungen zu einer gleichmässigen Verteilung des Geschiebes im Unterlauf führt. Hingegen kommt es bei alternierenden Schüttungen zur ansatzweisen Bildung von Bänken (Abb.4). Dies zeigt, dass die Geschiebezugabe zur Bildung neuer morphologischer Strukturen und zur vermehrten Umlagerung von Sedimenten führen kann, z. B. bei bestehenden Kiesbän-

Abbildung 6

Induzierte Ufererosion bei einem nicht überströmten Bauwerk.



Quelle: VAW

ken. Je nach Zusammensetzung des zugegebenen Materials wirkt sich dies auf das Substrat aus, wie etwa Verfeinerung, De- oder Kolmation oder Mobilisierung der Deckschicht.

Für die Mobilisierung der Geschiebeschüttungen in steileren Gerinnen (> 1 %) sollte der Abfluss so gewählt werden, dass es nicht zu einer Mobilisierung der Deckschicht kommt und das zugegebene Material über die bestehende stabile Flusssohle transportiert wird. Dies ist wichtig, um die Hochwassersicherheit zu gewährleisten und in Situationen, in denen Schüttungen und künstliche Hochwasser kombiniert werden wie etwa unterhalb von Talsperren (vgl. Merkblatt 6).

Fallbeispiele

In der Schweiz werden seit einigen Jahren vermehrt Geschiebeschüttungen durchgeführt. An der Aare (BE) unterhalb des Bielersees beispielsweise wurden an zwei Standorten und bei Niedrigwasser indirekte Anreicherungen vorgenommen. Diese hatten die Form einer langen Kiesbank und von seitlichen Inseln in Ufernähe. Das Volumen war so bemessen, dass die Schüttungen bereits bei einem kleinen Hochwasserereignis vollständig überströmt wurden und das Material dabei erodierte und sich verteilte. Am Standort Deitingen (SO) unterhalb des Flusskraftwerks Flumenthal wurde im Jahre 2005 ein Volumen von 12 000 m³ geschüttet. Das Material stammte aus dem Geschiebesammler an der Emme-Mündung, einem stromaufwärts gelegenen Seitenzubringer. Am Standort Aarwangen (BE) wurde in den Jahren 2005 und 2010 unterhalb des Flusskraftwerks Bannwil ein Volumen von 11 000 m³ bzw. 10 000 m³ geschüttet (Abb. 5). Das Material stammte aus der Kiesgrube «Risi». Das Feinmaterial wurde ausgesiebt, um eine Trübung des Wassers zu verhindern. Der maximale Korndurchmesser der Geschiebeschüttungen in Aarwangen und in Deitingen betrug 50 mm bzw. 60 mm. Die Geschiebeschüttung in Deitingen wurde aufgrund des geringeren Sohlgefälles und der gröberen Kornverteilung langsamer erodiert als die Geschiebeschüttung in Aarwangen.

Am Hochrhein wurde im Jahr 2004 bei Zurzach (AG) sowie bei der Insel Riethem eine Geschiebeschüttung ausgeführt. Bei Zurzach hatte die indirekte Anreicherung die Form einer Kiesbank und ein Volumen von 1000 m³. Bei der Insel Riethem erfolgte an potenziellen Laichstellen von kieslaichenden Fischarten eine direkte Anreicherung mit einem Volumen von rund 100 m³. Ein Monitoring dokumentierte die Veränderungen der Schüttkörper und die Ausbreitung des Schüttmaterials durch grössere Abflüsse (Abegg et al. 2013).

Beim Schwellenmätteli in Bern bleibt viel Geschiebe in der Aare liegen. Das Material wird regelmässig ausgebagert und unterhalb des Stauwehrs Engehalde an zwei Standorten als Geschiebeschüttungen wieder der Aare zugeführt.

Oberhalb des Flusskraftwerkes Bremgarten-Zufikon tendiert die Reuss zu Auflandungen, während unterhalb des

Abbildung 7

Durch künstliche Insel induzierte Ufererosion an der Töss (ZH) im Jahr 2013.



Foto: VAW

Kraftwerks ein Geschiebedefizit vorliegt. Im Rahmen des Gewässerunterhaltes und Hochwasserschutzes wird oberstrom des Kraftwerks in der Regel alle zwei Jahre Geschiebe entnommen und unterstrom wieder zugegeben (Hackl 2013). Im Winter wird das Material von Kiesbänken gewonnen, per Lastwagen transportiert und an einer geeigneten Stelle unterhalb von Bremgarten geschüttet (Abb. 1). Die Strömung ist auch bei Niedrigwasser ausreichend stark, um die Schüttung teilweise zu erodieren und das Material in der Nähe auf der Flusssohle zu verteilen. Weitere Beispiele für Geschiebezugeben gibt es an der Limmat und an der Töss (Abb. 2) im Kanton Zürich.

Ufererosion

Planung und Ausführung

Die Ufer eines begradigten und nicht revitalisierten Flussabschnitts sind üblicherweise durch Verbau geschützt. Dieser hat den Zweck, die Stabilität des Ufers zu gewährleisten, insbesondere bei Hochwasser. An Stellen, wo eine natürliche Aufweitung des Flussbetts möglich ist, ohne den Schutz vor Hochwasser zu verschlechtern, kann die Erosion des Ufers zugelassen oder sogar gefördert werden. Abzuklären ist, in welchem Bereich eine freie Entwicklung des Flusses stattfinden darf, um eine Inter-

ventionslinie¹ festzulegen. Ebenfalls ist zu prüfen, ob ein rückversetzter Uferschutz, z. B. in «schlafender» Bauweise, notwendig ist. Mögliche Massnahmen zur Förderung der Ufererosion sind nachfolgend aufgeführt.

Entfernung des Uferverbau

Die Entfernung des Uferverbau fördert die Erosion des Ufers durch die Strömung, ohne dass weitere Eingriffe notwendig sind. Sie ist die kostengünstigste Variante und wird von einer dynamischen Eigenentwicklung gesteuert. Dies ist abhängig vom Abfluss, aber auch von den lokalen Verhältnissen des Strömungsangriffs und somit von der Hydrologie, der geometrischen Situation und der hydraulischen Verhältnisse. Der Prozess kann mehrere Jahre dauern.

Weitere Massnahmen zur Destabilisierung des Ufers

Die Vegetation hat eine stabilisierende Wirkung und kann daher die Ufererosion weitgehend verhindern oder stark verzögern. Ausserdem können bei zu geringem Abfluss die groben Anteile des Ufersediments am Böschungsfuss verbleiben und das Ufer vor einer weiteren Erosion schützen (Requena 2008). Es gibt zahlreiche Massnahmen, die solchen Prozessen entgegenwirken und die Ufererosion begünstigen, z. B. die Reduktion der Böschungstabilität durch Entfernung von Wurzeln, lokale maschinelle Anrisse oder Uferabsenkungen.

Seitenerosion durch Einbauten

Einbauten im Fluss wie etwa Buhnen oder künstliche Inseln können die Strömung ablenken und die Seitenerosion erhöhen. Durch die Einbauten wird der Fliessquerschnitt verringert, was zu einem Aufstau im Oberwasser und zu erhöhten Fliessgeschwindigkeiten sowie Belastungen des Ufers führt. Geeignet sind feste, nicht-erodierbare Einbauten oder solche, die mit der Zeit erodiert werden, beispielsweise inselförmige Geschiebeschüttungen.

Räumliche und zeitliche Wirkung

Laboruntersuchungen im Rahmen des Forschungsprojekts «Geschiebe- und Habitatsdynamik» zeigen, dass bei Einbauten das Ausmass der Seitenerosion von der

Lage des Einbaus abhängig ist (Friedl et al. 2016). Ein Einbau in der Nähe des zu erodierenden Ufers, z. B. eine kleine Insel mit seitlichem Kanal, führt zu einer schnellen und in die Breite gehenden Erosion, die aber lokal beschränkt bleibt. Ein Einbau mit grosser Distanz zum Ufer, z. B. eine Buhne am gegenüberliegenden Ufer, führt zu einer langsameren und weniger ausgeprägten Erosion über eine längere Flussstrecke. Je nach Abfluss lagert sich das erodierte Material in der Nähe oder weiter entfernt von der Angriffsstelle ab. Im ungünstigen Fall kann es zu einer Ablagerung direkt nach der Angriffsstelle kommen, dadurch wird das stromabwärts liegende Ufer geschützt und eine weitere Erosion vermindert (Abb. 6).

In einem Fliessgewässer beeinflussen Einbauten zur Ablenkung der Strömung stets beide Ufer, eine Ausnahme bilden sehr breite Flüsse. Dabei muss mit einer Kolkbildung direkt bei der Einbaute gerechnet werden, die eine Absenkung der Sohle stromaufwärts zur Folge haben kann. Das Einplanen eines geeigneten Kolkschutzes am gegenüberliegenden Ufer sowie bei den Einbauten selbst ist deshalb zu empfehlen.

Da die Auswirkungen solcher Einbauten abhängig sind von der Vegetation und vom Erosionswiderstand der Ufer, können sich die gewünschten ökologischen und morphologischen Wirkungen erst mit der Zeit einstellen oder sogar ganz ausbleiben.

Fallbeispiel

An der Töss (Mittlere Aue) oberhalb Winterthur (ZH) wurde 2001 die Ufersicherung teilweise entfernt und der Flusslauf mit einer künstlich angelegten Insel aus Wasserbausteinen geteilt. Obwohl in den nachfolgenden 10 Jahren drei Hochwasserereignisse (zwei 2-jährliche und ein 5-jährliches Ereignis) stattfanden, gab es keine nennenswerte Erosion der Ufer. Im Jahr 2009 wurden daher die Uferböschungen gerodet und die Wurzelstöcke entfernt. Drei Hochwasserereignisse im Jahr 2011 mit einer Jährlichkeit von bis zu 1,5 Jahren führten schliesslich zu einer Seitenerosion von 3 m. Die groben Anteile des erodierten Materials wurden nicht weiter transportiert, verblieben in Ufernähe und bildeten eine Deckschicht. Diese Deckschicht verhinderte die weitere Ufererosion durch kleinere Hochwasserereignisse. Im Jahr 2013 führte ein 10-jährliches Hochwasser zu einer seit-

¹ Der Begriff «Interventionslinie» und weitere Begriffe sind im Glossar definiert. Online: www.rivermanagement.ch > Produkte und Publikationen.

lichen Ufererosion von bis zu 8 m (Abb. 7). Dieses Beispiel zeigt anschaulich, dass der Rückbau des Uferschutzes alleine nicht zwingend zur gewünschten Erosion führt. Ob eine angestrebte Ufererosion möglich ist, ist abhängig vom lokalen Bewuchs des Ufers und der Vegetation in der Nähe des Ufers sowie von der Zusammensetzung des Ufermaterials.

Ökologische Aspekte

Geschiebeschüttungen

Geschiebeschüttungen fördern die Versorgung aquatischer und terrestrischer Habitate mit neuem Geschiebe. Dabei können unerwünschte Stoffe wie etwa Schadstoffe, verrottetes organisches Material oder Samen invasiver Pflanzenarten eingebracht werden. Diese Aspekte sind bei der Herkunft und der Qualität des Schüttmaterials zu berücksichtigen. Durch das Einbringen von Samen invasiver Arten können lokale Bestände von Pionierarten verdrängt werden. Und eine Anreicherung von Nährstoffen kann zur Verdrängung von Pflanzenarten führen, die an ein beschränktes Nährstoffangebot angepasst sind.

Der Zeitpunkt der Geschiebezugaben und der Geschiebeentnahmen ist entscheidend, um negative Auswirkungen auf terrestrische und aquatische Organismen zu minimieren. Bei einer direkten Anreicherung sollte das neue Habitat entweder im Frühling, kurz vor der Hauptkeimphase, oder nach der Blütezeit, zum Zeitpunkt der Versamung zur Verfügung stehen. Die Wahl des Zeitpunkts muss zudem auf die Laichzeiten der heimischen Fischarten abgestimmt sein.

Besonders der Eintrag von Feinsedimenten muss beschränkt werden, um die Qualität bestehender aquatischer Habitate nicht zu beeinträchtigen oder gar zu zerstören. Feinsedimentablagerungen können beispielsweise die Wasser- und Sauerstoffzufuhr zu Laichgruben von kieslaichenden Fischarten verhindern und zum Absterben der Eier führen (vgl. Merkblatt 3).

Zielarten von Uferlebensräumen haben unterschiedliche Ansprüche bezüglich Korngrößen, Sedimentmenge und -heterogenität (vgl. Merkblatt 1 und 5). Ebenfalls ist der

Feuchtigkeitsgehalt von der Zusammensetzung des Sediments abhängig. Entsprechend sollte die Wahl des Schüttmaterials auf die zu fördernden Zielarten abgestimmt werden. In natürlichen Auenlebensräumen liegen Trockenstandorte auf durchlässigen groben Sedimenten und Feuchtstandorte auf lehmigen Sedimenten oft nah beieinander. Daher sollte vor allem bei direkten Geschiebeschüttungen eine hohe Standortvielfalt angestrebt werden.

Ufererosion

Die Erosion des Ufers bietet einerseits Chancen für neue Lebensräume wie etwa strömungsberuhigte Zonen für Jungfische oder Brutwände für Eisvögel und Uferschwalben. Andererseits wird der Uferlebensraum lokal und vorübergehend durch Erosion gestört. Allerdings sind Flora und Fauna der Fließgewässer an solche Störungen angepasst und brauchen diese teilweise sogar. Hingegen ist die Erosion von Lebensräumen, deren Organismen eine grosse Verweilzeit bevorzugen, zu vermeiden (vgl. Merkblatt 5; Scheidegger et al. 2012).

Fazit

Geschiebeschüttungen vermindern das Geschiebedefizit in Fließgewässern und ermöglichen eine kontrollierte Anreicherung von Geschiebe. Verschiedene Aspekte sind dabei zu beachten, z. B. die Zugänglichkeit zum Gewässer oder die Herkunft und Zusammensetzung des Schüttmaterials. Wichtig ist auch der Zeitpunkt der Ausführung, damit Fische und andere Organismen nicht beeinträchtigt werden.

Eine Alternative zu den Schüttungen ist die Geschiebeanreicherung durch Förderung der Ufererosion. Dabei sind üblicherweise zuerst Uferschutz und -bewuchs zu entfernen. Die Anreicherung erfolgt dann mit dem anstehenden Ufermaterial. Schutzmassnahmen wie die Festlegung von Interventionslinien oder Schutzbauten in schlafender Bauweise müssen in Erwägung gezogen werden, um eine unerwünschte Ausdehnung der Erosion zu vermeiden. Bei der Wahl des Abschnitts, in dem die Ufererosion gefördert werden soll, ist darauf zu achten, bestehende Habitate nicht zu zerstören oder zu isolieren, sondern bestmöglich einzubinden.

Beide Massnahmen eignen sich zur Bildung von natürlichen Strukturen und tragen zur dynamischen Lebensraumvielfalt der Gewässer bei. Das Ziel ist, aquatische und terrestrische Habitate durch die Wiederherstellung der Geschiebedynamik zu fördern und die Funktionsfähigkeit des Gewässers wiederherzustellen.

Literatur

Die ausführliche Literaturliste zu diesem Merkblatt befindet sich auf der Programmwebsite www.rivermanagement.ch > **Produkte und Publikationen.**

Impressum

Herausgeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Beteiligte Forschungsinstitutionen: Eawag; Das Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs; Laboratoires de Constructions Hydrauliques (LCH), EPFL; Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich; Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)

Projektleitung: Anna Belser (Projektkoordination), BAFU; Christoph Scheidegger, WSL; Christine Weber, Eawag; David Vetsch, VAW-ETH Zürich; Mario J. Franca, LCH-EPFL

Fachliche Begleitung: BAFU: Hugo Aschwanden, Rémy Estoppey, Andreas Knutti, Stephan Lussi, Manuel Nitsche, Olivier Overney, Carlo Scapozza, Diego Tonolla, Hans Peter Willi. Kantone: Josef Hartmann (GR), Norbert Kräuchi (AG), Christian Marti (ZH), Vinzenz Maurer (BE), Sandro Ritler (LU), Thomas Stucki (AG). Forschungsinstitutionen: Bernhard Wehrli (Eawag), Anton Schleiss (LCH-EPFL), Robert Boes (VAW-ETHZ), Christoph Hegg (WSL). Weitere: Raimund Hipp (KBNL), Roger Pfammatter (SWV), Luca Vetterli (Pro Natura)

Redaktion: Manuela Di Giulio, Natur Umwelt Wissen GmbH

Lektorat: Regina Gerber

Zitierung: Friedl, F., Battisacco, E., Vonwiller, L., Fink, S., Vetsch, D., Weitbrecht, V., Franca, M.J., Scheidegger, Ch., Boes, R., Schleiss, A., 2017: Geschiebeschüttungen und Ufererosion. In: Geschiebe- und Habitatsdynamik. Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. Merkblatt 7.

Gestaltung und Illustrationen: Anamorph, Marcel Schneeberger

Bezug der gedruckten Fassung und PDF-Download:

BBL, Verkauf Bundespublikationen, CH-3003 Bern

www.bundespublikationen.admin.ch

Art.-Nr.: 810.300.136d www.bafu.admin.ch/uw-1708-d

© BAFU 2017

01.17 1500 86039243