

3 Bedeutung und Einflussfaktoren der Feinsedimentdynamik

Feinsedimente und ihre Dynamik beeinflussen die Morphologie und die Lebensräume der Fliessgewässer. Feinsedimente entstehen durch Prozesse wie Boden-erosion und tragen zur Entstehung von Hartholzauen und anderen Lebensräumen in und an Fliessgewässern bei. Das vorliegende Merkblatt beschreibt die Feinsedimentdynamik und zeigt, wie sie durch die Uferstruktur und weitere Faktoren beeinflusst wird. Im Forschungsprojekt «Geschiebe- und Habitatsdynamik» wurde der Einfluss der Geometrie von Uferbuchten auf die Feinsedimentdynamik systematisch in Laborexperimenten untersucht.

C. Juez, M. J. Franca, S. Fink, Ch. Scheidegger, A. Siviglia, S. Stähly, C. Trautwein, Ch. Weber, A. Schleiss

Als Feinsedimente werden Partikel mit einem Korndurchmesser von weniger als 2 mm bezeichnet, d. h. die Fraktionen Schluff, Ton und Sand. In Fliessgewässern liegen Feinsedimente meist in der Unterschicht der Flusssohle oder werden als Schwebstoffe im Wasser transportiert. In der Deckschicht kommen Feinsedimente vor allem vor, wenn die Flusssohle kolmatiert ist. Für die Mobilisierung und den Transport der Feinsedimente braucht es genü-

gend starke Turbulenzen wie in alpinen oder voralpinen Flüssen. In der Wassersäule nimmt die Konzentration von Schwebstoffen mit der Tiefe zu: Die höchste Konzentration befindet sich in Sohlennähe, wo die Schwebstoffe mit den Partikeln der Flusssohle im Austausch stehen. Die kleinsten Sedimentpartikel (<0,1 mm) sind ständig in Schwebelage und werden als Feinstschwebstoffe («wash load») bezeichnet.

Mobilisierung, Transport und Ablagerung

Die drei wichtigsten Quellen von Feinsedimenten sind (vgl. Merkblatt 1):

- Erosion und Verwitterung von Fels und Boden;
- Abrieb von grobkörnigem Geschiebematerial (in Flüssen, Gletschern) und Zusammenprall von größerem Geschiebe während Hochwasserereignissen;
- Erdbeben und Murgänge.

In alpinen und voralpinen Flüssen sind Feinsedimente ständig in Bewegung. In strömungsberuhigten Zonen sowie in langsam fliessenden und stehenden Gewässern hingegen sinken sie auf den Grund und lagern sich ab (Abb. 1). In kanalisiert Flüssen tragen Feinsedimente

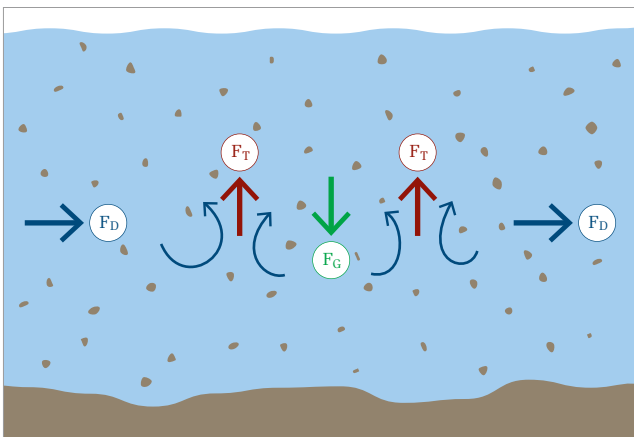
Abbildung 1

Schematische Darstellung der Uferbuchten, die in einem Laborversuch erforscht wurden (links). Lokale Aufweitung der Kander in Augand (BE) mit Kiesinseln und Feinsedimentablagerungen (rechts). Das Kanderwasser weist natürlicherweise einen hohen Anteil an Feinsedimenten auf.



Abbildung 2

Schematische Darstellung der Kräfte, welche auf Schwebstoffe wirken. Der dynamische Auftrieb F_T infolge Turbulenz hält Feinsedimente in Suspension und ist abhängig von der Fließgeschwindigkeit. Die Strömungskraft F_D transportiert die Sedimente stromabwärts. Die Schwerkraft F_G wirkt der Turbulenzkraft entgegen und ist abhängig vom Eigengewicht der Partikel.



Quelle: LCH-EPFL

nur geringfügig zu Auflandungen bei. In Seen und Stauseen hingegen machen sie den Hauptanteil des Sedi-
 menteintrags aus. So werden etwa die Feinsedimente glazialen Ursprungs von der Rhone in den Genfersee transportiert und setzen sich dort im Deltabereich ab oder werden als Trübestrom ähnlich einer Unterwasserlawine in tiefere Bereiche des Sees transportiert. In natürlichen Gewässern werden Schwebstoffe bei Hochwasser auf Vorländer und Auenebenen gespült, wo sie sich absetzen und abgelagert werden. Feinsedimente in

Tabelle 1

Grosse Schweizer Seen, in denen sich beträchtliche Mengen an Feinsedimenten aus den Hauptzuflüssen ablagern.

See	Fluss
Brienzersee	Aare, Lütschine
Bodensee	Rhein
Genfersee	Rhone
Lago Maggiore	Ticino
Thunersee	Kander
Vierwaldstättersee	Reuss, Muota
Walensee	Linth

Quelle: LCH-EPFL

Weichholz- und Hartholzauen werden oft als Auenlehm bezeichnet und tragen zum Nährstoffeintrag bei. Durch menschliche Eingriffe ist dieser Prozess jedoch beeinträchtigt (vgl. Kap. Menschliche Eingriffe in die Feinsedimentdynamik).

Abbildung 2 zeigt, dass physikalische Prozesse wie Auftrieb und Turbulenz das Aufwirbeln, Absinken und Ablagern von Feinsedimenten beeinflussen. Der Auftrieb wird im Wesentlichen von der Turbulenz rund um ein Feinsedimentpartikel bestimmt. Das Absinken wird durch die Schwerkraft ausgelöst und hängt primär von der Masse, aber auch von der Form eines Partikels ab (z. B. plattig vs. rund). Die Stärke der Turbulenz beeinflusst die Menge an Feinsedimenten, die in Schwebelagung gehalten werden. Nimmt die Feinsedimentkonzentration zu und überschreitet einen bestimmten Grenzwert, beginnen sich die Partikel abzulagern. Werden die Turbulenzkräfte abrupt verringert, z. B. in Aufweitungen oder anderen Gewässerabschnitten mit geringen Fließgeschwindigkeiten, dominiert die Schwerkraft und führt zur Ablagerung und Anreicherung von Feinsedimenten.

Feinsedimente in Schweizer Gewässern

Alpine Flüsse transportieren mehr Schwebstoffe als Flüsse in tieferen Lagen. Mündet ein alpiner Fluss in einen See, wird dieser zu einem Sedimentablagerungsbecken. Gewisse Schweizer Seen nehmen die gesamte Feinsedimentfracht ihrer Zuflüsse auf (Tab. 1), und ihre Flussdeltas vergrössern sich deshalb laufend, z. B. das Rheindelta im Bodensee. Der Klimawandel erhöht im Allgemeinen die Schwebstoffzufuhr: Gletscher schmelzen vermehrt ab und legen grosse Mengen an Feinsedimenten in den Moränen frei, die durch Regen und Wind leicht erodiert werden und in die Flüsse gelangen.

Ökologische Bedeutung von Feinsedimenten

Organisches, d. h. Kohlenstoff-haltiges Material ist eine wichtige Energiequelle für Lebewesen und damit einer der Grundpfeiler der Nahrungsnetze, im Wasser wie an Land. In Fließgewässern kann organisches Material einerseits direkt im Gewässer produziert werden: Algen, Wasserpflanzen und Cyanobakterien nutzen das Sonnenlicht für die Photosynthese, d. h. für den Aufbau von

organischem Material. Andererseits kann anderswo produziertes organisches Material von aussen eingetragen werden, z.B. durch Laub, das vom angrenzenden Ufer oder von oberhalb liegenden Flussabschnitten eingeschwemmt wird.

Der ökologisch wichtige Kohlenstoffkreislauf ist an die Feinsedimentdynamik gekoppelt. So wird Kohlenstoff zusammen mit Feinsedimenten transportiert, und zwar gelöst im Wasser, an mineralische Oberflächen adsorbiert oder als organisches Material (Blattresten etc.). Seine Speicherung und weitere Verarbeitung auf Flusssohle und Auen hängen unter anderem von der Korngrösse der Feinsedimente ab, die sich ablagern (vgl. Kap. Menschliche Eingriffe in die Feinsedimentdynamik).

An Feinsedimenten können auch Nährstoffe haften. Feinsedimente sind deshalb eine wichtige Nährstoffquelle für die aquatischen Algen und die Auenvegetation, und sie fördern das Wachstum. Zusätzlich trägt die Erosion von Sedimenten in Auen zur Nährstoffversorgung bei, indem das abgetragene organische Material als Nahrung für aquatische Organismen dienen kann (Colditz 1994).

Die Korngrösse der Sedimente beeinflusst das Vorkommen unterschiedlicher Auentypen (vgl. Merkblatt 5): Lagern sich vorwiegend Kies und gröbere Sedimentpartikel entlang des Flussufers ab, entstehen Weichholzaunen; lagern sich hingegen mehr Feinsedimente ab, entstehen

Abbildung 3

Ablagerungen von Feinsedimenten in der Kander (BE) bieten Pionierpflanzen einen Lebensraum.



Foto: Vinzenz Maurer

Hartholzaunen. Zusätzlich zur Korngrösse beeinflusst die Häufigkeit von Überflutungen das Vorkommen der beiden Auentypen (Colditz 1994; Ellenberg 2010).

Dank der Feinsedimente und der damit angeschwemmten Nährstoffe können die Samen von Baumarten, die in den Auen vorkommen, nach Abklingen eines Hochwassers auskeimen. Zu diesen Baumarten zählen Weiden, Erlen und Pappeln (Delarze et al. 2015). Dies gilt auch für verschiedene Zielarten¹ im Natur- und Artenschutz. Viele Zielarten profitieren von der Ablagerung von Feinsedimenten, weil dadurch neue nährstoffreiche Lebensräume entstehen (Abb. 3). Bei einzelnen Arten wie der Deutschen Tamariske (*Myricaria germanica*) jedoch wird die Keimung durch den Eintrag von organischen Feinsedimenten gehemmt.

Die Dynamik von Feinsedimenten hat direkte und indirekte Auswirkungen auf aquatische Organismen im gesamten Nahrungsnetz (vgl. Merkblatt 1). Viele Lebewesen sind an die Sedimentdynamik angepasst, dabei gibt es Anpassungen der Morphologie, der Physiologie, des Verhaltens oder des Lebenszyklus.

Menschliche Eingriffe in die Feinsedimentdynamik

Menschliche Eingriffe können das natürliche Gleichgewicht zwischen Eintrag und Transport von Feinsedimenten stören. Dies hat vor allem zwei Folgen:

- 1) Ein erhöhter Feinsedimenteintrag kann zur Kolmation der Flusssohle führen. Der Austausch von Oberflächen- und Grundwasser sowie der Sauerstofftransport ins Kieslückensystem werden dadurch beeinträchtigt.
- 2) Geringe Fließgeschwindigkeiten begünstigen die Ablagerung von Feinsedimenten und können dadurch den Hochwasserschutz gefährden.

In der Schweiz wird die Wasserkraft aufgrund der günstigen Topographie stark genutzt. Zudem führten die hohe

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

Besiedlungsdichte, Hochwasserschutzmassnahmen oder Flussbegradigungen für den Kulturlandgewinn zu einer naturfernen Fließgewässermorphologie (vgl. Merkblatt 1). Diese Tätigkeiten des Menschen wirken sich direkt oder indirekt auf die Feinsedimentdynamik aus. Die wichtigsten menschlichen Eingriffe in die Feinsedimentdynamik werden in den nächsten Abschnitten kurz erläutert.

Bauarbeiten

Bei Baustellen in und an Flüssen können Feinsedimente freigesetzt werden. Diese werden durch Wind oder Regen in Fließgewässer eingetragen oder durch das Aufwirbeln im Wasser mobilisiert und weitertransportiert.

Flussbegradigungen

Flüsse wurden begradigt, um den Hochwasserschutz zu gewährleisten sowie um landwirtschaftliche Flächen zu gewinnen. Flusskorrekturen vermindern die natürliche Variabilität der Gerinnebreite, wodurch auch die Vielfalt an Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen abnimmt. Als Folge davon verschwinden Lebensräume mit langsam fließendem bis stehendem Wasser sowie Auengebiete, und die Schwebstofffracht kann sich in den begradigten Flüssen kaum mehr absetzen. Eine Ausnahme stellen begradigte Flüsse mit gegliederten Querschnitten wie Doppeltrepezprofilen dar, wo es bei Hochwasser zu Feinsedimentablagerungen auf den Vorländern kommt.

Stauanlagen

In der Schweiz wird Strom zu einem grossen Teil durch Wasserkraftwerke produziert. Stauseen erhöhen die Flexibilität in der Elektrizitätsproduktion. Stauanlagen mit grossen Stauseen können Sedimente nahezu vollständig zurückhalten und unterstrom zu einem Defizit führen. Der Stauraum wirkt wie ein Geschiebesammler und verlandet mit der Zeit (vgl. Merkblatt 6). Als Gegenmassnahme, um das Speichervolumen der Stauseen zurückzugewinnen, werden Stauraumpülungen durchgeführt. Bei ungenügender Verdünnung führen diese zu hohen Konzentrationen von Feinsedimenten im Unterwasser (Abb. 4), die sich flussabwärts in Bereichen mit geringen Fließgeschwindigkeiten ablagern können.

Veränderung der Bodenbedeckung

Veränderungen der Bodenbedeckung, z. B. durch landwirtschaftliche Nutzung, Waldbrände oder Forstwirtschaft,

Abbildung 4

Die Aare im Haslital (BE) mit einer stark erhöhten Feinsedimentfracht nach der Spülung des Stausees Räterichsbodensee.



Foto: Markus Zeh

schaft, können die Erosion erhöhen. Dadurch werden Feinsedimente abgeschwemmt und die Feinsedimentdynamik verändert. Insbesondere in tieferen Lagen trägt offenes Landwirtschaftsland zu einem grossen Teil des Feinsedimenteintrags in Bäche und Flüsse bei.

Morphologische Auswirkungen

Ein erhöhter, lang andauernder Eintrag von Feinsedimenten in Flüssen mit einer Kiessohle und einem Gefälle von 0,1 % bis 1 % steigert zuerst die Mobilität des Kieseltransport. Hält die Zufuhr an, wird das Kieslückensystem der Flusssohle mit der Zeit aufgefüllt, was im Extremfall zur Kolmation der Sohle führen kann. Dadurch wird die Rauheit reduziert, es entsteht eine glatte und statische Flusssohle, welche die Fließgeschwindigkeiten in Sohlennähe erhöht. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit mittlerer und grösserer Hochwasser kann somit verstärkt werden und Sedimentbewegungen in Form einer Sedimentwelle verursachen.

Erhöhte Einträge und Ablagerungen von Feinsedimenten aufgrund von menschlichen Eingriffen können die Wassertiefe verringern und die Bildung von Sohlformen wie Dünen fördern. Dadurch wird die Makrorauigkeit der Flusssohle erhöht und die Strömung beeinflusst, welche sich wiederum auf die Flussmorphologie auswirkt.

Das Spülen von Feinsedimenten aus Stauseen mit hohen Konzentrationen kann flussabwärts eine erhebliche Verlandung und Ablagerung von Feinsedimenten verursachen. Verlandungen treten vor allem in Bereichen mit geringen Fließgeschwindigkeiten und in Strömungsschatten auf, z. B. hinter grossen Blöcken in Ufernähe.

Ein Defizit an Feinsedimenten kann andererseits Erosion oder Uferinstabilitäten fördern.

Ökologische Auswirkungen

Ein Mangel an Feinsedimenten einerseits hat zahlreiche ökologische Folgen, weil Feinsedimente unter anderem den Nährstoffhaushalt in Auen und anderen Lebensräumen in und an Fließgewässern beeinflussen und zur Entstehung von Hartholzauenwäldern und weiteren Lebensräumen beitragen (vgl. Kap. Ökologische Bedeutung von Feinsedimenten).

Eine erhöhte Konzentration an Schwebstoffen andererseits reduziert den Einfall von Sonnenlicht ins Fließgewässer («Trübung»). Hohe Schwebstoffkonzentrationen können die Photosynthese vermindern oder auf seichte Uferbereiche beschränken. Dies kann zu Veränderungen im gesamten Nahrungsnetz führen, wie neue Studien mithilfe stabiler Isotope zeigen: Beispielsweise sind Insektenlarven bei stärkerer Trübung vermehrt von eingeschwemmter terrestrischer Nahrung abhängig. Erhöhte Schwebstoffkonzentrationen können auch Algen abraspeln («Sandstrahleffekt»), die Beutesuche von optisch jagenden Fischen erschweren oder die Territorien von Fischen verschieben.

Feinsedimente, die auf und in der porösen Kiessohle eines Flusses abgelagert sind, können das Kieslückensystem verstopfen (Kolmation) und damit den Austausch zwischen Fluss- und Grundwasser verringern oder gar unterbinden. Dies kann die Temperaturvielfalt eines Flussabschnitts vermindern, die Temperaturschwankungen im Tagesverlauf aufgrund fehlender Pufferung verstärken oder die mittlere Wassertemperatur im Sommer erhöhen. Temperaturerhöhungen können kaltwasserliebende Lebewesen wie Forellen stressen und in ihrem Verhalten und ihrer Entwicklung behindern.

Am besten untersucht sind die negativen Effekte der Kolmation auf kieslaichende Fischarten wie Forelle, Äsche oder Lachs. In einer kolmatierten Sohle werden die Eier im Kieslückensystem nur ungenügend mit Sauerstoff versorgt, und der Abtransport von Stoffwechselprodukten ist erschwert. Dies kann zum Absterben der Eier führen. Die Kolmation wirkt sich auch auf Insektenlarven negativ aus: Sie verlieren innerhalb des Kieslückensystems wichtige Mikrohabitate. Es sind jedoch nicht alle Arten gleichermassen betroffen: Empfindliche Arten werden geschwächt, während tolerantere Arten profitieren. Ausserdem können abgelagerte Feinsedimente Algen überdecken und zu einer Abnahme der Photosynthese führen oder sogar das Absterben der Algen verursachen.

Im Verlauf des Kolmationsprozesses reichert sich auch organisches Material im Kieslückensystem an. Diese Anreicherung in der Sohle wird zusätzlich verstärkt, wenn aufgrund erhöhter Bodenerosion auch vermehrt organisches Material eingetragen wird. Im Kieslückensystem erhöht sich als Folge die Verfügbarkeit von Nahrung und dadurch auch die Abbauraten, die jedoch von der Sauerstoffzufuhr im kolmatierten Sediment limitiert werden.

Feinsedimente können auch Schadstoffe wie Schwermetalle in die Auen eintragen, die sich dort ansammeln (Hostache et al. 2014).

Massnahmen zur Beeinflussung der Feinsedimentdynamik

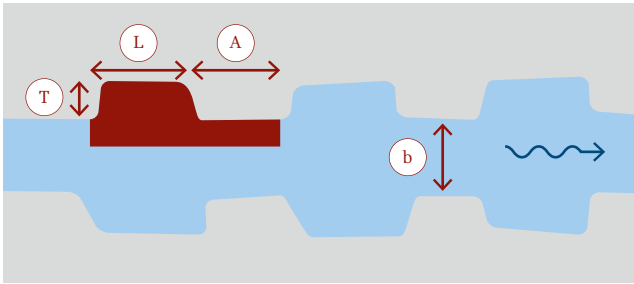
Die Feinsedimentdynamik in Fließgewässern kann durch verschiedene Massnahmen beeinflusst werden. Die nachfolgenden Kapitel erläutern unterschiedliche Typen von Massnahmen.

Stauraumspülungen kombiniert mit Hochwasser

Bei Stauraumspülungen werden grosse Mengen von abgelagerten Feinsedimenten erodiert und hydraulisch aus dem Stauraum transportiert (Abb. 4). Durch die Spülungen können Feinsedimente in Auenlebensräume transportiert werden, wo sie sich ablagern und die Entstehung von Weichholz- und Hartholzauen begünstigen. Bei der Spülung ist die Schwebstoffkonzentration unterhalb der Werte zu halten, die für die lokalen aquatischen Lebens-

Abbildung 5

Definition der im Labor untersuchten Geometrie der Uferbuchten.
 L = Buchtlänge, T = Buchttiefe und A = Buchtabstand. b bezeichnet die Kanalbreite.



Quelle: LCH-EPFL

gemeinschaften kritisch sind. Auch dürfen keine belasteten Sedimente freigesetzt werden. Stauraumpülungen benötigen daher eine sorgfältige Planung und Ausführung. Idealerweise sollten sie während der natürlichen Hochwasserperiode stattfinden, allenfalls können in Restwasserstrecken durch Öffnen der Auslässe künstliche Hochwasser herbeigeführt werden (vgl. Merkblatt 6). Um die Kolmation der Flusssohle zu verhindern, sollten Stauraumpülungen während des Rückgangs des natürlichen Hochwasserabflusses wieder beendet und mit sauberem Wasser nachgespült werden. In Kombination mit Geschiebeschüttungen unterhalb der Talsperre können Stauraumpülungen die Morphologie eines Fließgewässers verbessern, da der Geschiebetransport wieder aktiviert wird (Battisacco et al. 2016; Juez et al. 2016).

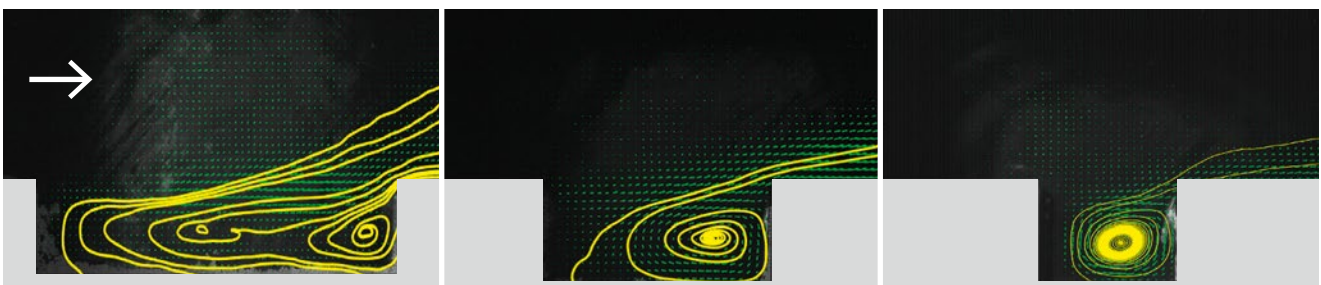
Lokale Aufweitungen und Uferbuchten

Lokale Aufweitungen oder raue Ufer, z. B. durch Uferbuchten, können zur ökologischen Aufwertung eines Fließgewässers führen, indem sie die Vielfalt von Strömungen und Lebensräumen erhöhen (Abb. 1). Lokale Aufweitungen erstrecken sich über längere Flussabschnitte, deren Länge einem Mehrfachen der Flussbreite entspricht. Uferbuchten hingegen erstrecken sich über kürzere Abschnitte, deren Länge ungefähr einer bis drei Flussbreiten entspricht. Beide Massnahmen führen lokal zu geringeren Fließgeschwindigkeiten und begünstigen dadurch das Absetzen von Feinsedimenten in aufgeweiteten Flussabschnitten bzw. den Uferbuchten. In der Schweiz fehlen bisher praktische Erfahrungen mit systematisch angeordneten Uferbuchten (ausgenommen Buhnenfelder), dafür sind bereits zahlreiche lokale Aufweitungen umgesetzt worden. In Situationen, wo es an Raum mangelt für lokale Aufweitungen, können Uferbuchten eine Alternative darstellen, welche zudem als Fischrefugien in Schwall- und Sunkstrecken dienen können (Ribi et al. 2015).

Die Anordnung mehrerer Uferbuchten (Abb. 5) verursacht an den Ufern eine Makrorauigkeit, die das Absetzen von Feinsedimenten fördert. Die Geometrie der Uferbuchten beeinflusst, wie schnell sich Feinsedimente absetzen und wie rasch sie bei Hochwasser wieder ausgespült werden. Im Forschungsprojekt «Geschiebe- und Habitatsdynamik» wurden unterschiedliche Geometrien von Uferbuchten in Laborexperimenten untersucht. Zudem wurden drei verschiedene Abflüsse verwendet, um ein möglichst brei-

Abbildung 6

Fließverhalten in Uferbuchten (Draufsicht). Von links nach rechts: Seitenverhältnis (SV)=0,2, 0,4 und 0,8. Das Expansionsverhältnis (EV) wurde konstant 0,8 gehalten. Die grünen Pfeile entsprechen der Grösse der Geschwindigkeitsvektoren und die gelben Linien den Strömungslinien.



Quelle: LCH-EPFL

Tabelle 2

In Laborexperimenten untersuchte Geometrien seitlicher Uferbuchten und Abflüsse.

Parameter	Einheit	Intervall
Seitenverhältnis $SV = T/L$	[-]	0,2 – 0,8
Expansionsverhältnis $EV = T/A$	[-]	0,4 – 1,2
Relative Abflusstiefe $= h/b$	[-]	0,06 – 0,12
Feinsedimentkonzentration	[g/l]	0,5 – 1,5

Quelle: LCH-EPFL

tes Spektrum an Flüssen abzubilden. Das nächste Kapitel stellt die Resultate der Laborexperimente vor.

Laborexperimente mit Uferbuchten

Zweck

Mit Experimenten in einem Laborkanal wurde untersucht, wie sich Uferbuchten auf den Transport und die Ablagerung von Feinsedimenten auswirken. Insbesondere wurde analysiert, wie die Geometrie der Uferbuchten die abgesetzte Menge an Feinsedimenten beeinflusst. Daraus lässt sich ableiten, wie makrorauhe Ufer den Transport von Feinsedimenten verändern können. Wird ein Rückhalt von Feinsedimenten gewünscht, kann die Geometrie der Buchten so gewählt werden, dass möglichst viele Feinsedimente abgelagert werden. Diese Rückhaltefunktion ist jedoch zeitlich begrenzt, falls die Buchten bei grösseren Hochwassern wieder freigespült werden.

Untersuchte Geometrien und Abflüsse

Für die Laborexperimente wurde die Geometrie der Uferbuchten durch drei Grössen charakterisiert (Abb. 5): die Buchtlänge (L), die Buchttiefe (T) und den Buchtabstand (A). Aus diesen drei Grössen lassen sich das Seitenverhältnis ($SV = T/L$) sowie das Expansionsverhältnis ($EV = T/A$) berechnen. Die in den Laborexperimenten untersuchten Seiten- und Expansionsverhältnisse sind in Tabelle 2 angegeben.

Neben den unterschiedlichen Geometrien wurden in den Laborexperimenten drei Abflüsse verwendet (niedrig, mittel, hoch). Die relative Abflusstiefe wurde mit dem Verhältnis der Abflusstiefe h zur Rinnenbreite b definiert ($h/b = 0,06, 0,09, 0,12$). Die Feinsedimentkonzentration

wurde in den Experimenten so gewählt, dass im Kanal ohne Uferbuchten noch keine Ablagerungen stattfanden.

Je nach Geometrie und Abfluss in der Rinne kommt es in den Uferbuchten zu einer Zu- oder Abnahme der grossräumigen Rotationsströmung. Grossräumige Turbulenzzellen wie Wirbel halten Feinsedimente mehr oder weniger stark in Schwebelage.

Resultate

Aus den Laborexperimenten ergeben sich folgende Beobachtungen (Abb. 6):

- Grosse Expansionsverhältnisse ($EV > 0,8$) bewirken generell und unabhängig vom Abfluss einen erhöhten Rückhalt an Feinsedimenten.
- Grosse Seitenverhältnisse ($SV > 0,6$) führen zu einem erhöhten Feinsedimentrückhalt bei niedrigen Abflüssen. Umgekehrt führen erhöhte Abflüsse (z.B. $h/b > 0,07$) zu einem Anstieg der Turbulenz und einer Abnahme der zurückgehaltenen Sedimente. Das bedeutet, dass bei Niedrigwasser abgesetzte Feinsedimente bei Hochwasser wieder mobilisiert werden.
- Grosse Expansionsverhältnisse ($EV > 0,8$) kombiniert mit grossen Seitenverhältnissen ($SV > 0,6$) bewirken eine starke Ablagerung von Feinsedimenten in den Uferbuchten.
- Kleine Seitenverhältnisse ($SV < 0,3$) bewirken Ablagerungen in den Ecken der Uferbuchten. Der Rest bleibt frei bzw. es lagern sich nur Grobsand und Kies ab.
- Grosse Seitenverhältnisse ($SV > 0,6$) begünstigen die Ablagerung von Feinsedimenten in der Mitte der Uferbuchten. Die übrigen Bereiche bleiben frei von Feinsedimenten.

Schlussfolgerungen

Für die praktische Anwendung können aus den Resultaten drei Erkenntnisse abgeleitet werden:

- In Flüssen mit geringer relativer Abflusstiefe ($h/b < 0,07$) können Uferbuchten mit kleinen oder mittleren Seiten- und Expansionsverhältnissen die lokale Ablagerung von Feinsedimenten begünstigen. Wichtig ist, dass in den Uferbuchten Zonen mit hohen wie auch mit geringen Fliessgeschwindigkeiten gefördert werden. Da da-

durch unterschiedliche Korngrößen abgelagert werden, erhöht sich auch die Vielfalt an Habitaten.

- In Flüssen mit hoher relativer Abflusstiefe ($h/b > 0,10$) können Uferbuchten mit grossen Seiten- und Expansionsverhältnissen ($SV > 0,6$ und $EV > 0,8$) für genügend Turbulenz sorgen. Dadurch lässt sich verhindern, dass Uferbuchten schnell verlanden, oder sie spülen bei Hochwasser Ablagerungen frei.
- Generell löst ein erhöhtes Expansionsverhältnis ($EV > 0,6$) eine schnelle Verlandung von Uferbuchten bei mittleren relativen Abflusstiefen aus, welche bei Hochwasser ($h/b > 0,10$) jedoch wieder mobilisiert werden können.

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 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: Juez, C., Franca, M.J., Fink, S., Scheidegger, Ch., Siviglia, N., Stähly, S., Trautwein, C., Weber, Ch., Schleiss, A., 2017: Bedeutung und Einflussfaktoren der Feinsedimentdynamik. In: Geschiebe- und Habitatsdynamik. Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. Merkblatt 3.

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