Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 110 (2018)
Heft: 3

Artikel: Erkenntnisse aus dem Projekt "Geschiebe und Habitatsdynamik"
Autor: Vetsch, David / Di Giulio, Manuela / Franca, Mário J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941590

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Forschungsprogramm «Wasserbau und Ökologie»

Carlo Scapozza, Anna Belser

Fliessgewässer sind komplexe Systeme, in denen natürliche Funktionen sowie Dynamik und Prozesse ablaufen. Der Mensch hat schon immer eingegriffen und wird auch zukünftig in die Gewässer eingreifen, sei es mit Schutzbauten für den Hochwasserschutz, sei es für die Nutzung der Wasserkraft, für Revitalisierung oder den Unterhalt.

Die grösste Herausforderung ist dabei, die Eingriffe so zu gestalten, dass sie die natürlichen Funktionen des Gewässers nicht beeinträchtigen bzw. dass sie eine Verbesserung der natürlichen Funktionen auslösen. Deshalb ist es wichtig zu verstehen, welchen Einfluss diese Eingriffe auf das System Fliessgewässer haben. Um den Zusammenhang zwischen Eingriff und natürlichen Funktionen bzw. Dynamik und um das Verständnis derselben geht es beim Forschungsprogramm Wasserbau und Ökologie. Dieses Programm verfolgt seit 15 Jahren die Zusammenarbeit von Forschung und Praxis sowie die Zusammenarbeit der Forschungsinstitutionen untereinander im Bereich Wasserbau und Ökologie.

Bisher wurden drei Projekte durchgeführt (s. a.: www.rivermanagement.ch): 1. «Rhone-Thur-Projekt (2002–2006)», 2. «Integrales Flussgebietsmanagement (2007–2011)» und 3. «Geschiebe- und Habitatsdynamik (2013–2017)». Das 4. Projekt «Lebensraum Gewässer – Sedimentdynamik und Vernetzung» läuft seit Mitte 2017. Die Projekte leisten ihren Beitrag dazu, Zusammenhänge besser zu verstehen und Massnahmen an Gewässern weiterzuentwickeln. Dies immer unter dem zentralen Aspekt der interdisziplinären Zusammenarbeit.

Der vorliegende Artikel soll dazu beitragen, das erarbeitete Wissen aus dem 2017 abgeschlossenen Projekt «Geschiebe- und Habitatsdynamik» in der Fachwelt zu verbreiten. Wir danken allen beteiligten Forschungsinstitutionen und Fachspezialisten aus der Privatwirtschaft und aus der Verwaltung für ihr Engagement in diesem Programm und hoffen, der Fachwelt neue Anregungen bieten zu können.

Anschrift der Verfasser:
Carlo Scapozza, Sektionschef Hochwasserschutz, carlo.scapozza@bafu.admin.ch
Anna Belser, Wissenschaftliche Mitarbeiterin, anna.belser@bafu.admin.ch
Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, UVEK
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Abteilung Gefahrenprävention
Worblentalstrasse 68, CH-3003 Bern

Erkenntnisse aus dem Projekt «Geschiebe- und Habitatsdynamik»

David Vetsch, Manuela Di Giulio, Mário J. Franca, Carmelo Juez, Christoph Scheidegger, Christine Weber

Zusammenfassung

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt «Geschiebe- und Habitatsdynamik» wurde auf Ende 2017 abgeschlossen. Es ist Teil des seit 2002 laufenden Forschungsprogramms «Wasserbau und Ökologie» des Bundesamts für Umwelt (BAFU) und der Forschungsinstitutionen Eawag, LCH, VAW und WSL. Ziel des Projekts war es, auf Fragen zur Geschiebereaktivierung und Revitalisierung von Auenlandschaften einzugehen und einen wissenschaftlichen Beitrag dazu zu leisten. Die Arbeiten wurden in einem interaktiven Prozess im Rahmen von zwölf Teilprojekten durchgeführt. An diesem Prozess beteiligten sich Forschende sowie Fachleute verschiedener Disziplinen aus Verwaltung und Interessensverbänden. Die wichtigsten praxisrelevanten Erkenntnisse des Projekts wurden in Form von Merkblättern zusammengefasst, welche im vorliegenden Beitrag kurz vorgestellt werden.

1. Einleitung

Sediment- und Abflussdynamik bestimmen die Morphologie von Fliessgewässern und ihre ökologische Funktionsfähigkeit. In der Schweiz ist die Sedimentdynamik vieler Fliessgewässer stark beeinträchtigt. Die Reaktivierung der ökologischen Funktionen sowie der naturnahen Abfluss- und Sedimentdynamik *(Bild 1)* ist eine Voraussetzung für die erfolgreiche Aufwertung unserer Gewässer (Revitalisierung und Sanierung Wasserkraft) und ein wichtiges Ziel des revidierten Gewässerschutzgesetzes. Mit Unterstützung des BAFU hat das interdisziplinäre Forschungsprojekt «Geschiebe- und Habitatsdynamik» der vier Institutionen Eawag, WSL, LCH-EPFL und VAW-ETH Zürich den menschlichen Einfluss auf die Sedimentdynamik in Fliessgewässern erforscht sowie Massnahmen untersucht und weiterentwickelt, mit denen sie sich reaktivieren lässt.

2. Kurzbeschrieb der Merkblätter

Die wichtigsten praxisrelevanten Ergeb-

Bild 1. Die Kander im Gasterntal (BE) wird von einer naturnahen Sediment- und Abflussdynamik geprägt (Foto: Vinzenz Maurer).

Bild 2. Lebewesen beeinflussen die Geschiebedynamik. a) Wasserpflanzen halten Feinsedimente zurück. b) Biberdämme führen zur Ablagerung von Feinsedimenten. c) Larven der Köcherfliegenart bauen ihre Köcher aus Sedimentpartikeln (Fotos: Barbara Känel, Christoph Angst, Roland Riederer).

nisse des Forschungsprojekts sind in der hier vorgestellten Merkblattsammlung (*BAFU* 2017) zusammengefasst. Sie ist die Fortsetzung der Merkblattsammlung «Wasserbau und Ökologie», die im Jahr 2012 erschienen ist (*BAFU* 2012). Wie bei der ersten Ausgabe wurden die Themen und Inhalte in engem Austausch mit Praktikerinnen und Praktikern verschiedener Fachbereiche aus Verwaltung und Interessensverbänden erarbeitet. Die Merkblätter informieren die Leserinnen und Leser über den aktuellen Stand der Forschung zu den Themen Sedimentdynamik und ökologische Bedeutung, Messmethodik, Geschiebesammler, Auendynamik, Sedimentumleitstollen, künstliche Hochwasser, Kiesschüttungen und Ufererosion. Die Merkblattsammlung dient als Wegweiser zur weiterführenden wissenschaftlichen Literatur (Literaturverzeichnis auf www.rivermanagement.ch) und umfasst insgesamt sieben Merkblätter und ein einleitendes Merkblatt mit einer Einführung in das Thema und einer Inhaltsübersicht. Die Merkblätter sind in Deutsch, Französisch und Italienisch erhältlich.

Merkblatt 1: Sedimentdynamik im Gewässernetz

Mobilisierung, Transport und Ablagerung von Sedimenten unterliegen grossen räumlich-zeitlichen Schwankungen. Gesteuert wird diese Dynamik durch die Geomorphologie, das Klima, die Hydrologie und Hydraulik sowie durch ökologische

Bild 3. Geophon zur direkten Messung des Geschiebevolumens im Erlenbach (Foto: WSL).

Bild 4. Ablagerungen von Feinsedimenten in der Kander (BE) bieten Pionierpflanzen der Schwemmufervegetation alpiner Wildbäche einen Lebensraum (Foto: Vinzenz Maurer).

Faktoren (z. B. Totholz, Uferbewuchs). Die Fliessgewässerbewohner haben vielfältige Anpassungen entwickelt, um mit der Sedimentdynamik umzugehen *(Bild 2)*. Algen bilden abriebresistente Formen, z. B. durch Verdickung ihrer Zellwände. Bei Flussfischen wurden innerartliche Unterschiede in der Körperform dokumentiert, je nachdem, ob sie vorwiegend Kolke mit feinem Sediment und geringen Fliessgeschwindigkeiten (Pools) bewohnten oder Schnellen mit gröberer Sohle und höherer Strömung (Riffles). Die Deutsche Tamariske *(Myricaria germanica)* wurzelt tief, um während eines Hochwassers nicht von der Kiesbank gespült zu werden. Weniger gut untersucht dagegen sind die dynamischen Aspekte, z. B. wie sich Zeitpunkt und Intensität des Sedimenttransports auf Organismen oder Ökosystemprozesse auswirken. In Merkblatt 1 werden dazu Resultate für Uferpflanzen, Insektenlarven, Fische und Stoffumsatz vorgestellt.

Merkblatt 2: Sedimentdynamik und ihre Auswirkungen messen

Weltweit werden verschiedene Methoden verwendet, um die Sedimentdynamik *(Bild 3)* und ihre Auswirkungen auf Umweltbedingungen, ökologische Prozesse und Lebewesen zu messen. Im Einsatz sind sowohl klassische Methoden wie Linienzahlanalyse oder Schöpfproben zur Bestimmung der Schwebstoffkonzentration als auch neu entwickelte Technologien wie Fernerkundung mittels Drohnen, Messungen des Sauerstoffverbrauchs in der Kiessohle oder genetische Untersuchungen. Die verfügbaren Methoden erlauben eine Abschätzung und teilweise auch eine Vorhersage auf der Ebene eines Habitats bis hin zum Einzugsgebiet. Allerdings können bisher die Effekte unterschiedlicher Steuerfaktoren auf die Geschiebedynamik nur bedingt auseinandergehalten werden (z. B. Hydrologie, Klima, Landnutzung). Auch eine Bewertung der Auswirkungen der Geschiebedynamik auf die Struktur und die Funktion von Ökosystemen ist heute nur eingeschränkt möglich. Diese Informationen sind jedoch notwendig, um die Sedimentdynamik effektiv im Fliessgewässermanagement zu berücksichtigen. Die Entwicklung neuer Methoden schreitet schnell voran, oft in Verbindung mit klassischen Methoden. So lassen sich beispielsweise ökologische Aufnahmen am Boden mit Fernerkundungsmethoden oder mit Modellierungssoftware koppeln, mit dem grossen Potenzial, Fliessgewässer entlang unterschiedlicher Skalen integrativ zu bewerten. Merkblatt 2 gibt einen Überblick über die bestehenden Methoden und zeigt Anwendungen im Rahmen des Forschungsprojekts «Geschiebe- und Habitatsdynamik».

Merkblatt 3: Bedeutung und Einflussfaktoren der Feinsedimentdynamik

Feinsedimente und ihre Dynamik beeinflussen die Morphologie und die Lebensräume der Fliessgewässer. Feinsedimente entstehen durch Prozesse wie Detersion anstehender Felsflächen durch Gletscher, Korrasion durch Wasser im Fliessgewässer sowie Bodenerosion und tragen zur Bildung von Standorten für Weichholz- und Hartholzauen und anderen Lebensräumen in und an Fliessgewässern bei *(Bild 4)*. Um die verbauten Flüsse ökologisch aufzuwerten, werden neben Buhnen oftmals Uferbuchten als Elemente verwendet, um mehr Struktur in die monotonen Uferlinien der kanalisierten Gewässer zu bringen. Diese Zonen mit geringer Fliessgeschwindigkeit bilden Schutzräume für aquatische

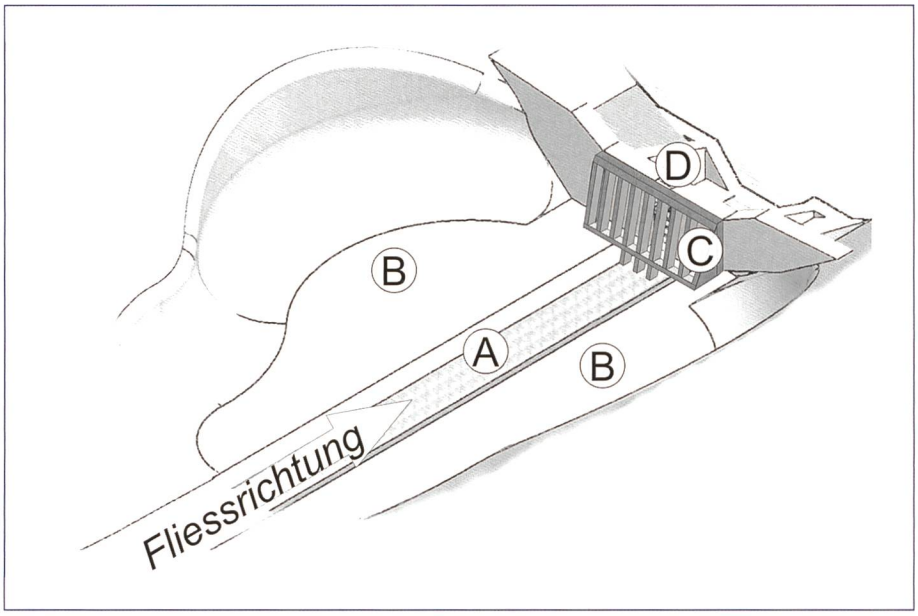

Bild 5. Schematische Darstellung eines Geschiebesammlers mit Leitgerinne (A), Rückhalteraum (B) sowie Sperrbauwerk mit doppelter Auslassöffnung für mechanisch (C) und hydraulisch (D) kontrollierten Geschieberückhalt (Illustration: Sebastian Schwindt).

Bild 6. Aue bei Rhäzüns (GR) im Februar 2015. Offene Kiesflächen und Kiesbänke mit Pioniervegetation sowie Weichholzauen bilden gemeinsam mit Flussstellen mit variierender Fliessgeschwindigkeit und Abflusstiefe einen dynamischen Lebensraumverbund (Foto: Christoph Scheidegger).

Lebewesen sowie die Ufervegetation. Durch die reduzierte Fliessgeschwindigkeit sinkt jedoch auch die Schleppkraft der Strömung, und Sedimente setzen sich ab. Insbesondere in Gewässern, die von Schwall und Sunk betroffen sind, stellt sich die Frage, wie der Ablagerungsprozess von Feinsedimenten in Uferbuchten verläuft. Werden die Ablagerungen bei Hochwasser- oder Schwallabfluss wieder ausgewaschen oder verlanden die Uferbuchten? Um diese Fragen zu beantworten wurde der Einfluss der Geometrie von Uferbuchten auf die Feinsedimentdynamik systematisch in Laborexperimenten untersucht. Aus den Resultaten können für die praktische Anwendung drei Erkenntnisse abgeleitet werden:

- In Flüssen mit geringer relativer Abflusstiefe (Abflusstiefe h / Breite 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. Weil 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; SV = Buchttiefe / Buchtlänge, EV = Buchttiefe / Buchtabstand) für genügend Turbulenz sorgen. Dadurch lässt sich verhindern, dass Uferbuchten schnell verlanden, oder Ablagerungen werden bei Hochwasser wieder abgetragen
- 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.

Merkblatt 4: Durchgängige Geschiebesammler in Wildbächen

Geschiebesammler sind oft in Wildbächen oberhalb von Schwemmkegeln nötig, um Hochwasserschäden in Siedlungen und an Infrastrukturbauten im Unterlauf infolge gefährlichem Geschiebetransport zu verhindern. Klassisch konzipierte Geschiebesammler halten Geschiebe aber bereits bei kleinen Hochwassern zurück, die eigentlich schadlos abgeführt werden könnten. Damit verursachen sie Geschiebedefizite und ökologische Beeinträchtigungen im Unterlauf. Hingegen leiten Geschiebesammler mit einem trapezförmigen, rauen Leitgerinne im Rückhalteraum *(Bild 5)* das Geschiebe bis zu einem maximalen Durchgängigkeitsabfluss weiter, welcher typischerweise etwa einem 10-jährigen Hochwasserabfluss entspricht, dessen Geschiebe normalerweise im Unterlauf keine Probleme verursacht. Die Auslassöffnung eines Sperrbauwerks sollte im Einklang mit der Geometrie des Leitgerinnes sein und sollte demnach den Geschiebetransport bis zum maximalen Durchgängigkeitsabfluss nicht oder nur geringfügig beeinflussen. Mit der Kombination einer Auslassöffnung als hydraulische Kontrolle und einem vorgeschalteten Grobrechen als mechanische Kontrolle erhöht sich die Sicherheit des Geschieberückhalts und die selbsttätige Entleerung des Geschiebesammlers wird verhindert. Sicherer Geschieberückhalt mittels einer Kombination von hydraulischer und mechanischer Kontrolle ab dem maximalen Durchgängigkeitsabfluss kann nur durch vertikale Einschnürungen

der Auslassöffnung erreicht werden.

Merkblatt 5: Dynamik und Biodiversität in Auen

Auen mit einer grossen Vielfalt an Lebensräumen sind ökologisch widerstandsfähiger als solche mit geringer Lebensraumvielfalt. Voraussetzung für Auen mit hoher Arten- und Lebensraumvielfalt ist ein ausreichend grosser Gewässerraum. Eine naturnahe Abfluss- und Sedimentdynamik ist ein wichtiger Einflussfaktor und erhöht die Lebensraumvielfalt *(Bild 6)*. Für seltene und gefährdete Zielarten der Auen sollten spezifische Massnahmen zur Förderung der Arten getroffen werden. Die Auswahl der Zielarten hängt vom Auenhabitat und der Höhenstufe ab, und diese wiederum bestimmen die Anforderungen an die Sedimentzusammensetzung und -dynamik sowie an die Abflussdynamik. Saisonale und jährlich wiederkehrende Hochwasser und Sedimentumlagerungen tragen zum Erhalt der typischen Pilz-, Pflanzen- und Tiervielfalt von Auen bei und beeinflussen aquatische, amphibische und terrestrische Lebensräume. Mittlere bis sehr seltene und grosse Sedimentumlagerungen durch Hochwasser mit 20- bis 1000-jährlichen Wiederkehrperioden schaffen neue Lebensräume und fördern die Ausbreitung von Zielarten über weite Distanzen. Die Vernetzung fördert die Resilienz von Auen, auch nach grossen Umlagerungen von Geschiebe, und ist ein wichtiger Faktor für das Überleben auentypischer (Ziel) arten.

Merkblatt 6: Sedimentumleitstollen und künstliche Hochwasser

Eine kontrollierte und ökologisch optimierte Abgabe von Wasser und Sediment beim Betrieb von Sedimentumleitstollen und das Auslösen eines künstlichen Hochwassers können die Sedimentverhältnisse im Unterlauf verbessern. Die optimierte Abgabe trägt zur Umlagerung von Sediment und organischem Material bei und fördert die Entstehung neuer Habitate. Die hydrologischen Charakteristika der beiden Ansätze sollen sich hinsichtlich Zeitpunkt (Saisonalität), Spitze, Dauer, Häufigkeit etc. an den ursprünglichen Verhältnissen des Abflussregimes orientieren *(Bild 7)*. Jede Situation erfordert ein individuelles Bewirtschaftungskonzept. Dieses sollte durch ein Monitoring begleitet werden, um verschiedene Flüsse zu vergleichen und einen Lernprozess zu ermöglichen. Es ist relativ neu, dass das Sedimentregime beim ökologischen Unterhalt von Flüssen berücksichtigt wird. Die Verant-

Bild 7. Der Spöl bei Restwasser- (a, Abfluss ca. 1.5 m³/s) und bei Hochwasserabfluss (b, Abfluss 43 m³/s) (Fotos: Urs Uehlinger, Eawag).

Bild 8. Durch künstliche Insel induzierte Ufererosion an der Töss (ZH) im Jahr 2013 (Foto: VAW).

wortlichen für die Planung und Durchführung der Wasser- und Sedimentabgabe sollten deshalb einem angepassten Vorgehen (adaptives Management) folgen, welches kontinuierlich dokumentiert wird und damit eine fortlaufende Optimierung unterstützt.

Merkblatt 7: Geschiebeschüttungen und Ufererosion

Zahlreiche Schweizer Fliessgewässer sind ökologisch beeinträchtigt, weil sie zu wenig Geschiebe führen. Mit Geschiebeschüttungen lässt sich das Geschiebedefizit in Fliessgewässern vermindern. 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 *(Bild 8)*. 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.

Systematische Laborversuche sowie ein Feldversuch in der Saane unterhalb der Staumauer Rossens haben gezeigt, dass in relativ steilen Gewässern die Schüttungen mit vier alternierend versetzten Depots am Ufer ausgeführt werden sollten, damit dem Abfluss eine Pendelbewegung aufgezwungen wird. Dadurch werden die Sedimentdepots besser erodiert und die morphologische Vielfalt sowie die Qualität der Lebensräume infolge der Schüttungen erhöht.

Anmerkung

Die Merkblattsammlung ist in drei Sprachen erhältlich: gedruckte und digitale Fassung in Deutsch und Französisch, Italienisch nur digital. Die gedruckte Fassung kann bezogen werden bei: BBL, Verkauf Bundespublikationen, CH-3003 Bern, Art.-Nr.: 810.300.136d, www.bundespublikationen.admin.ch.

Die Merkblattsammlung oder die einzelnen Merkblätter können als PDF heruntergeladen werden unter:

Deutsch: www.bafu.admin.ch/uw-1708-d

Französisch: www.bafu.admin.ch/uw-1708-f

Italienisch: www.bafu.admin.ch/uw-1708-i

Literatur

Die ausführliche Literaturliste zu den Merkblättern befindet sich auf der Programmwebsite: www.rivermanagement.ch > Produkte und Publikationen

BAFU (Hrsg.) 2017: Geschiebe- und Habitatsdynamik. Merkblattsammlung Wasserbau und Ökologie. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 84 S.

BAFU (Hrsg.) 2012: Erkenntnisse aus dem Projekt Integrales Flussgebietsmanagement. Merkblattsammlung Wasserbau und Ökologie. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 60 S.

Anschrift der Autoren

Dr. *Manuela Di Giulio,* Natur Umwelt Wissen GmbH, Bergstrasse 162, CH-8032 Zürich, http://www.naturumweltwissen.ch, digiulio@naturumweltwissen.ch

Prof. Dr. *Mario J. Franca,* IHE Delft Institute for Water Education, Westvest 7, 2611 AX Delft, The Netherlands (vormals LCH-EPFL), http://www.un-ihe.org, m.franca@un-ihe.org

Dr. *Carmelo Juez,* Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Station 18, CH-1015 Lausanne, http://lch.epfl.ch, carmelo.juez@epfl.ch

Prof. Dr. *Christoph Scheidegger,* Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL, Zürcherstr. 111, CH-8903 Birmensdorf, http://www.wsl.ch, christoph.scheidegger@wsl.ch

Dr. *David Vetsch,* Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) ETH Zürich, Hönggerbergring 26, CH-8093 Zürich, http://www.vaw.ethz.ch, dvetsch@ethz.ch

Dr. *Christine Weber,* Eawag: Das Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs, Seestrasse 79, CH-6047 Kastanienbaum, http://www.eawag.ch, christine.weber@eawag.ch