

2 Sedimentdynamik und ihre Auswirkungen messen

Weltweit werden verschiedene Methoden verwendet, um die Sedimentdynamik und ihre Auswirkungen auf Umweltbedingungen, ökologische Prozesse und Lebewesen zu messen. Im Einsatz sind sowohl klassische Methoden als auch neu entwickelte Technologien wie Fernerkundung mittels Drohnen, Messungen des Sauerstoffverbrauchs in der Kiessohle oder genetische Untersuchungen. Das vorliegende Merkblatt gibt einen Überblick über die verwendeten Methoden und zeigt Anwendungen im Rahmen des Forschungsprojekts «Geschiebe- und Habitatsdynamik».

M. Döring, M. Facchini, S. Fink, M. J. Franca, E. Martín Sanz, Ch. Robinson, Ch. Scheidegger, N. Siviglia, C. Trautwein, D. Vetsch, Ch. Weber

Mobilisierung, Transport und Ablagerung von Sediment sind sehr dynamisch und beeinflussen die Umweltbedingungen, die ökologischen Prozesse und die Lebewesen im und am Fluss (vgl. Merkblatt 1). Die Erfassung der Sedimentdynamik ist eine Voraussetzung für ein besseres Verständnis und Management unserer Fließgewässer. Gleichzeitig sind die Messungen aufgrund der hohen Viel-

falt und Dynamik in Fließgewässern eine Herausforderung – technisch, zeitlich und personell.

Zur Messung der Sedimentdynamik (Abb. 1) und ihrer Auswirkungen werden weltweit eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden verwendet, sei es in Revitalisierungen, Umweltverträglichkeitsprüfungen, Abschätzungen zu Umweltgefahren oder in Forschungsarbeiten. Das vorliegende Merkblatt bietet eine tabellarische Übersicht über die verfügbaren Methoden, deren Anwendungsbereiche sowie Stärken und Schwächen. Tabelle 1 (S. 7) stellt Methoden für die Messung der Sedimentdynamik vor, Tabellen 2 (S. 10) und 3 (S. 10) geben einen Überblick darüber, wie die Auswirkungen auf die Umweltbedingungen, bzw. die Lebewesen gemessen werden können.

Die Tabellen führen einerseits klassische Methoden auf, die teilweise seit Jahrzehnten in Praxis und Forschung eingesetzt werden und gut etabliert sind. Andererseits erläutern sie Methoden, die sich in Entwicklung befinden, und illustrieren diese mit Anwendungen aus dem Forschungsprojekt «Geschiebe- und Habitatsdynamik». Für einzelne Methoden gibt es Indikatoren zur Bewertung der Naturnähe der Sedimentdynamik. Dies wird in den Tabel-

Abbildung 1

Die Geschiebedynamik und ihre Auswirkungen auf Lebensräume, Pflanzen und Tiere lässt sich mit verschiedenen Messgrößen erheben (links). Geophon zur direkten Messung des Geschiebevolumens im Erlenbach (rechts).



len unter Stärken vermerkt. Für sämtliche Erhebungen ist ein Vergleich mit naturnahen Referenzstandorten möglich.

Sedimentdynamik messen

Klassische Methoden

Zu den klassischen Methoden gehören die Erhebung der Sedimentdynamik durch Feldaufnahmen und das Sammeln von Feldproben, z.B. via Schöpfproben zur Bestimmung der Schwebstoffkonzentration, oder mittels Beschreibung der Korngrößenverteilung. Einen Schwerpunkt bildet dabei die Bestimmung der Frachten, insbesondere der Schwebstoffe, sowie der Ab- und Umlagerung von Sedimenten. Im Allgemeinen sind die klassischen Methoden robust und einfach anzuwenden. Einige jedoch beeinflussen Abfluss und Feststofftransport und gewisse benötigen eine umfangreiche Feldausrüstung. Bei einzelnen Methoden sind die Resultate von der Erfahrung der Erheber abhängig, was die Vergleichbarkeit der Erhebungen erschwert. Im Allgemeinen erlauben die klassischen Methoden keine häufigen Wiederholungen der Aufnahmen und benötigen oft ergänzende Laboranalysen. Ausserdem ist eine automatisierte Datenerhebung

nicht möglich. Das Messnetz ist entsprechend grob und es gibt weltweit kaum langfristige, kontinuierliche Datenreihen, ausser zu den Schwebstoffkonzentrationen.

Methoden in Entwicklung

In den vergangenen Jahren hat sich die Fernerkundung stark weiterentwickelt und für die Erhebung und Bewertung der Geschiebedynamik an Bedeutung gewonnen. Die Fernerkundung reicht von der Verwendung historischer Luftbilder bis hin zum Einsatz von Drohnen oder akustischen Geräten zur Erstellung von Längs- und Querprofilen. Generell lassen sich mittels Fernerkundung hydrologische und morphologische Veränderungen in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung untersuchen. Zum Beispiel lassen sich die Sedimentdynamik früherer Zeiten rekonstruieren, 3D-Informationen zu kürzlichen Erosions- und Ablagerungsmustern bewerten oder Veränderungen im Sedimentbudget untersuchen. Zudem lässt sich die Sedimentdynamik im Feld in Echtzeit messen, z.B. der Transport von Schwebstoffen. Dies sind wichtige Grundlagendaten zur Kalibrierung von Modellen zum Sedimenttransport. Ein weiterer Vorteil dieser neu entwickelten Ansätze ist ihr Einsatz ausserhalb des Gewässersystems, z.B. bei Hochwasser oder in Naturschutz- oder anderen Gebieten, die nicht betreten wer-

Abbildung 2

Instrumente zur Messung der Sedimentdynamik (Tab. 1). Bestimmung der Korngrößen mittels BASEGRAIN-Software (links). LiDAR-Erhebung unter Verwendung von grünem Laser (rechts); dies ermöglicht eine Unterwasser-Erhebung.

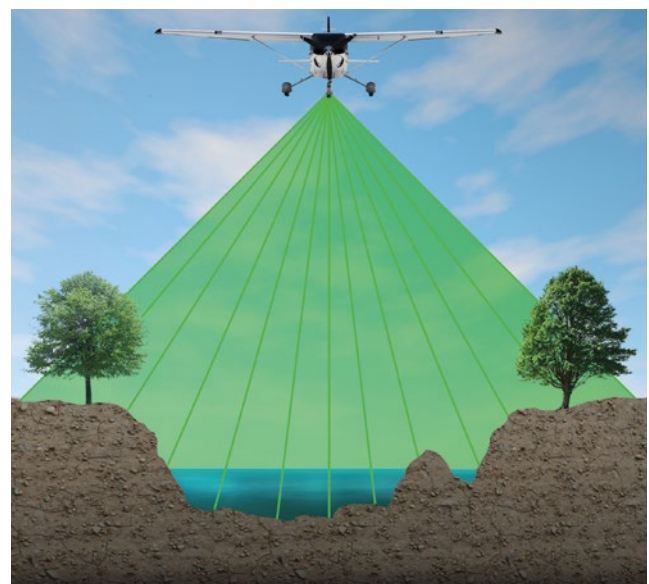
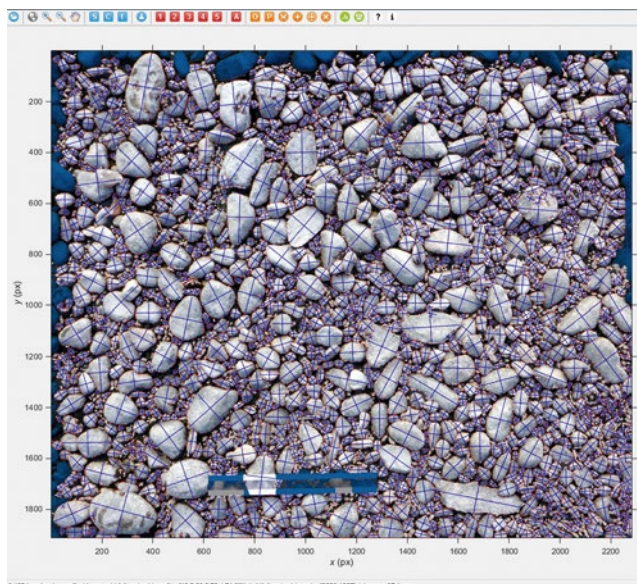
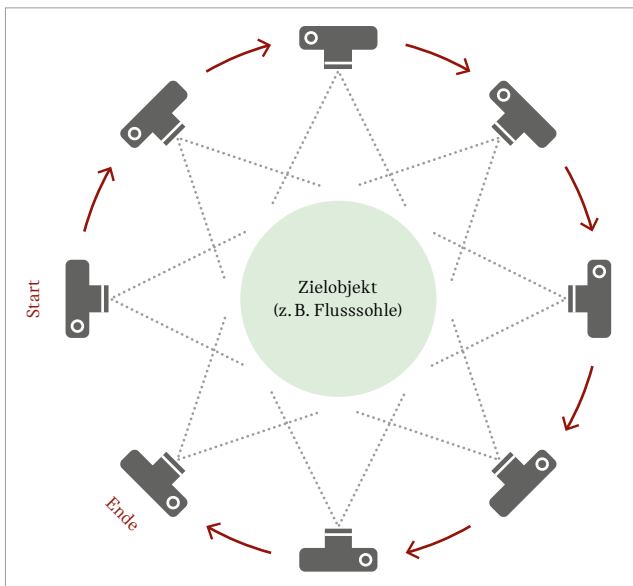


Abbildung 3

Prinzip der Structure-from-motion Messung: Anstelle eines einzelnen Luftbilds wird eine Vielzahl an sich überlappenden Aufnahmen erstellt. Daraus wird eine 3D-Darstellung abgeleitet (z. B. digitales Höhenmodell).



Verändert nach Westoby et al. 2012

den sollten. Eine Kombination von klassischen Methoden und neuen Ansätzen ermöglicht ein effektives Monitoring¹ auf der Ebene des Einzugsgebiets sowie die Berechnung von dynamischen Messgrößen, die Veränderungen in morphologischen Prozessen widerspiegeln.

Auswirkungen auf Umweltbedingungen und ökologische Prozesse

Klassische Methoden

Ökologische Prozesse werden mit klassischen Methoden kaum untersucht. Erst in den vergangenen Jahren haben in der ökologischen Forschung und Bewertung funktionelle, d. h. prozess-orientierte Größen, an Bedeutung gewonnen. Die klassischen Methoden sind wichtig für ein prozess-basiertes Verständnis der Auswirkungen von Sedimenteintrag und -ablagerung auf biologische Gemeinschaften, z. B. hinsichtlich der Auswirkung von Fein-

sedimenten auf die Sauerstoffversorgung in der Flusssohle.

Methoden in Entwicklung

Neu entwickelte Mikrosensoren erlauben es, in der Flusssohle Nährstoff- und Sauerstoff-Konzentrationen im Mikro-Massstab zu messen. Damit ermöglichen sie, die Auswirkungen der Sedimentdynamik auf den Biofilm oder die Flussprofile zu analysieren, z. B. unter Berücksichtigung des Austauschs zwischen Grund- und Oberflächenwasser. Zeitreihen von Tages- bis Mehrjahresdauer der Schwebstoffe und Ablagerungsprozesse sind essentiell, um die Reaktion des Ökosystems auf veränderte Sedimentdynamik besser zu verstehen. Die Sensorentwicklung geht weiter, aber bereits die vorhandenen Sensoren sind weit verbreitet. Sie werden unter anderem als Frühwarnsystem genutzt, z. B. im Zusammenhang mit der dynamischeren Restwasserabgabe an den Auslassstrukturen von Staumauern.

Auswirkungen auf Lebewesen

Klassische Methoden

Klassische Methoden beschreiben die Populationsstruktur und -dynamik von Pflanzen, Tieren und Pilzen sowie die Struktur und Dynamik von aquatischen, amphibischen und terrestrischen Gemeinschaften. Ökosystemleistungen werden auf verschiedenen Ebenen – von den Arten bis zu den Lebensgemeinschaften – bestimmt. Ausserdem werden funktionelle, d. h. prozessorientierte Parameter verwendet, beispielsweise für Lebewesen wie Mikroben, die taxonomisch schwierig zu bestimmen sind.

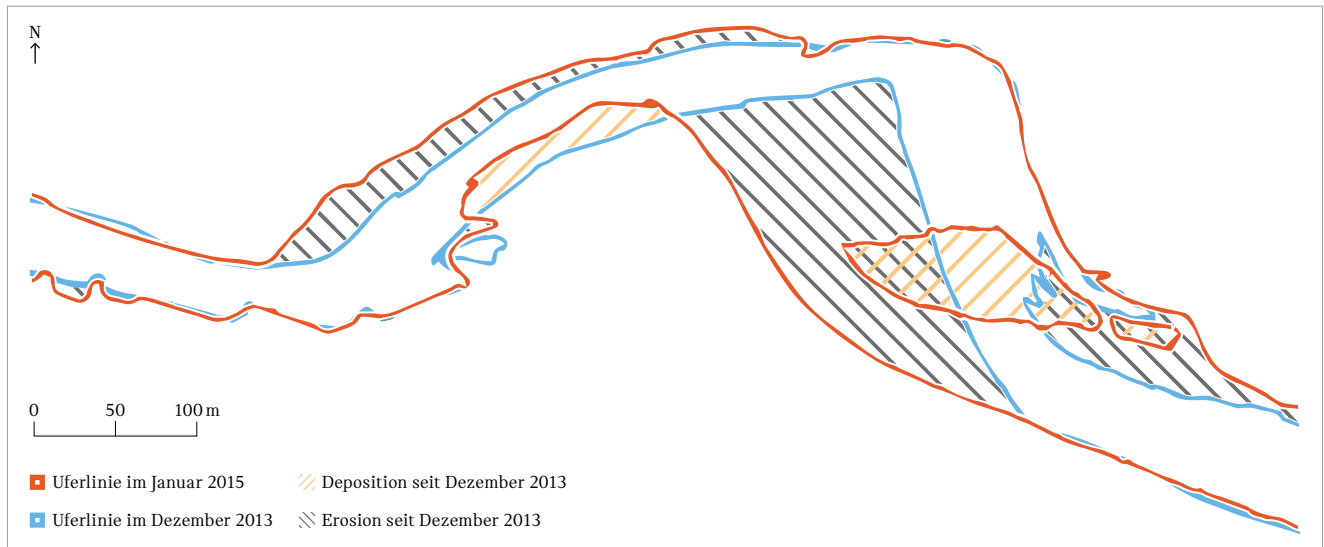
Methoden in Entwicklung

Drohnen und andere Messgeräte der Fernerkundung ermöglichen es, Hochwasser-bedingte kleinräumige Veränderungen in Ablagerung und Erosion zu quantifizieren (Abb. 4). Die Auswirkungen der Sedimentdynamik auf die Populations- und Gemeinschaftsdynamik lassen sich modellieren (Abb. 6). Die Populationsgenetik ermöglicht Rückschlüsse auf wichtige Prozesse in der Vergangenheit (z. B. Gründereffekt, Flaschenhalse) sowie eine Quantifizierung des Genflusses auf Ebene der Flusslandschaft. Durch die Messung von Ökosystemfunktio-

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

Abbildung 4

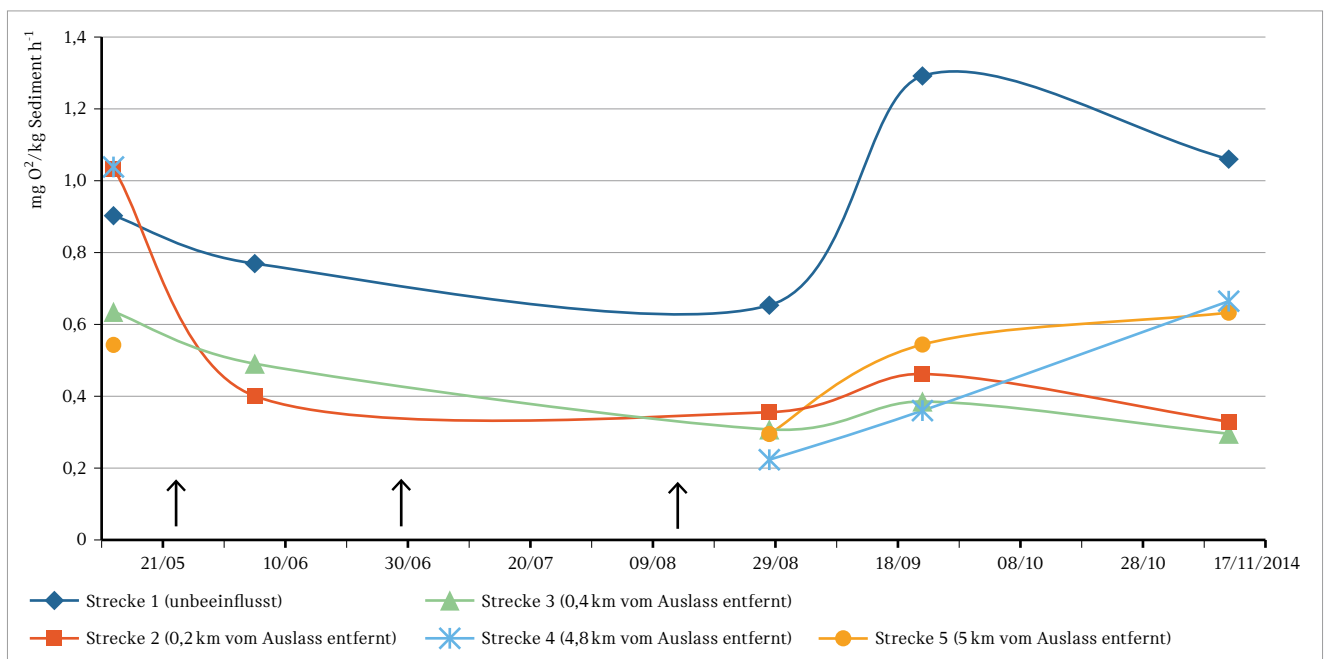
Verlagerung von Uferlinie und Kiesbänken zwischen Dezember 2013 und Januar 2015 an der Thur bei Neunforn (ZH). Die Daten wurden mittels GIS von Luftbildern digitalisiert.



Quelle: Eawag

Abbildung 5

Der zeitliche Verlauf der Sedimentrespiration in fünf Untersuchungsstrecken im Unterlauf der Albula (GR). Die Strecken 2 bis 4 liegen zwischen 0,2 bis 5 km unterhalb des Auslass des Sedimentumleitstollens beim Kraftwerk Solis, Strecke 1 liegt zwischen Staumauer und Auslass. Im untersuchten Zeitraum wurde der Sedimentumleitstollen dreimal bei Hochwasser in Betrieb genommen. Der Zeitpunkt der Hochwasser ist mit Pfeilen markiert.



Quelle: Eawag

nen können Ökosystemleistungen mit der Geschiebedynamik verknüpft werden.

Fazit

Die Messung und Bewertung der Sedimentdynamik ist eine komplexe Aufgabe. Die verfügbaren Methoden – klassische und solche in Entwicklung – erlauben eine Abschätzung und teilweise auch eine Vorhersage auf der räumlichen Ebene eines Habitats bis hin zur Ebene des gesamten Einzugsgebiets. Allerdings können bisher die

Effekte der unterschiedlichen 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 bisher nur eingeschränkt möglich. Diese Informationen sind jedoch notwendig, um die Sedimentdynamik in einem effektiven Fließgewässermanagement zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang sind hierbei die schnell voranschreitende Entwicklung neuer Methoden und insbesondere deren Verbindung mit klassischen Methoden zu nennen. Zu diesen Methoden zählen beispielsweise die

Abbildung 6

Modellierte Vorkommenswahrscheinlichkeit für den Braunschuppigen Risspilz (*Inocybe vulpinella*). Der Braunschuppige Risspilz kommt vorwiegend auf flachen, sandigen Böden in Flussnähe vor. Modellierungen zur ökologischen Nische ermöglichen Voraussagen zu heutigen und zukünftigen Vorkommen einer Art.

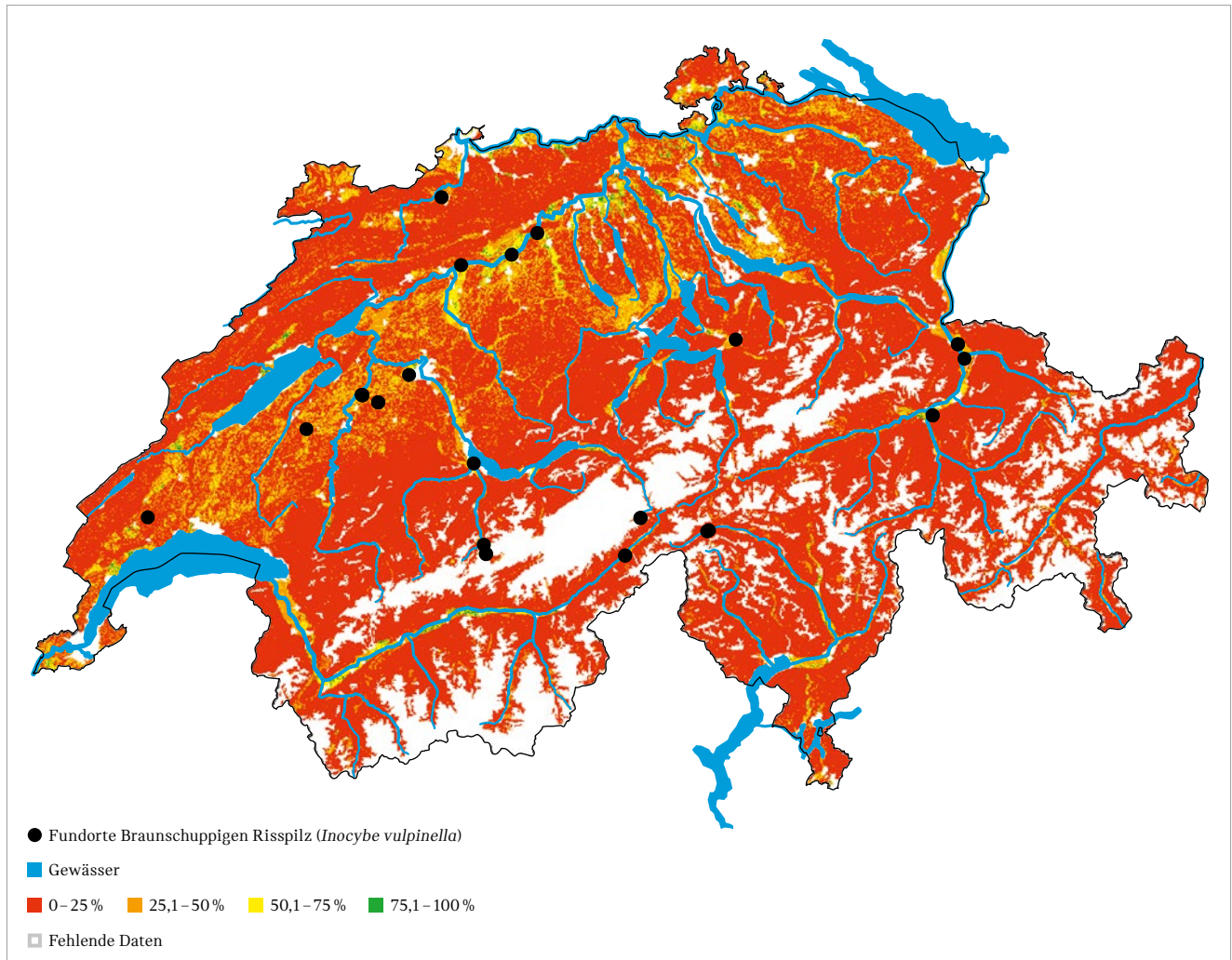
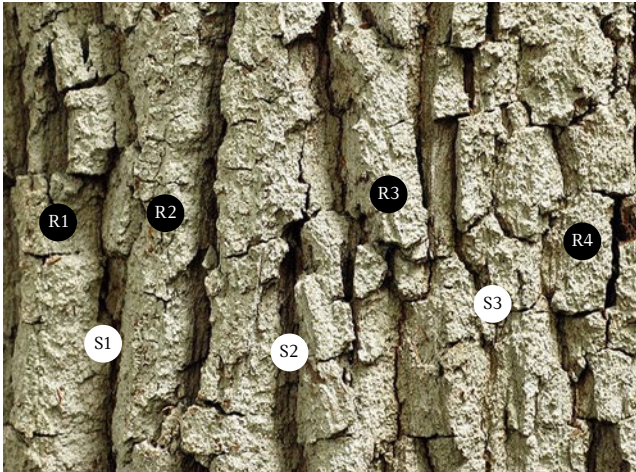


Abbildung 7a

Beprobung (R1 – R4, S1 – S3) der Eichenstabflechte *Bactrospora dryina* an einer Eiche für eine populationsgenetische Analyse. Die Eichenstabflechte besiedelt über 100-jährige Eichen in Auenwäldern.



Quelle: Nadyeina et al. 2017

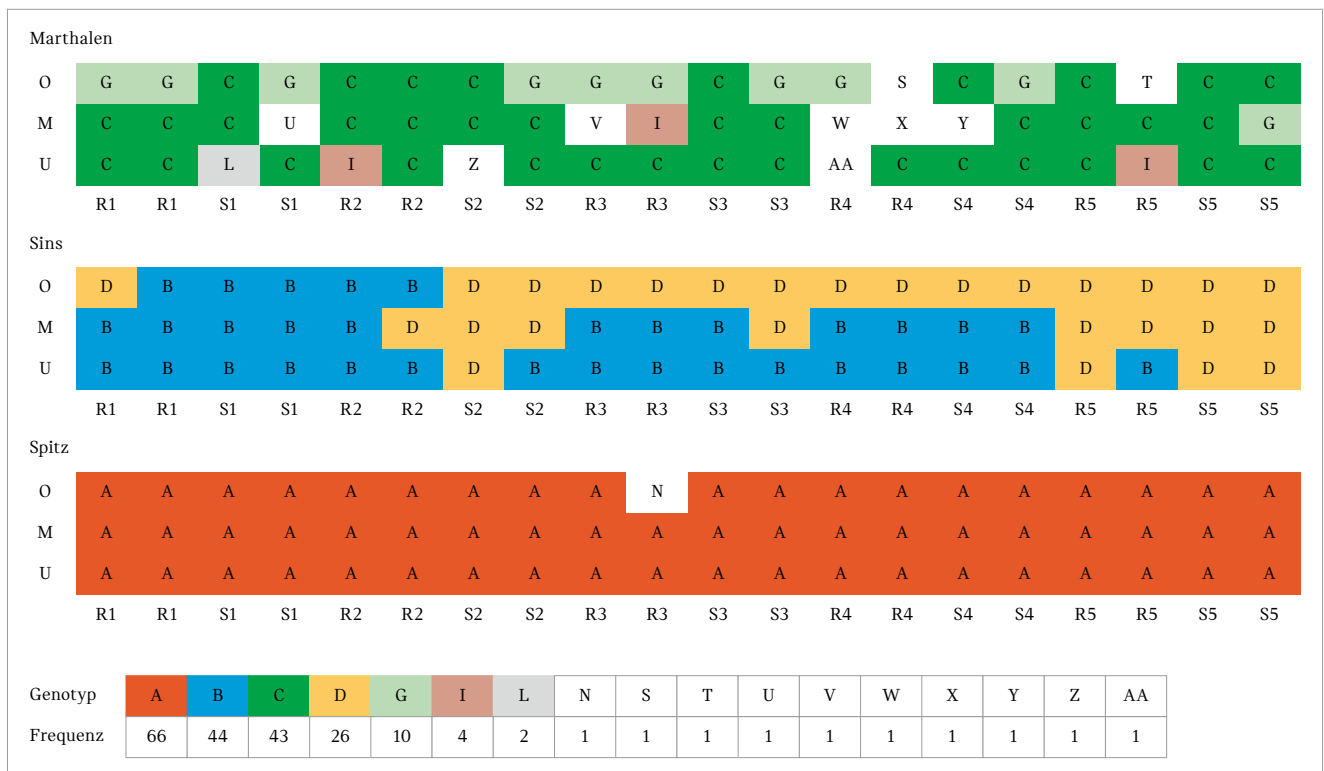
Kopplung ökologischer Aufnahmen am Boden mit Fernerkundungsmethoden oder mit der Modellierungssoftware BASEMENT (Vetsch et al. 2016). Diese Kopplung hat grosses Potential, Ökosysteme entlang unterschiedlicher Skalen – von kleinräumigen Habitaten bis hin zum Gesamteinzugsgebiet – integrativ zu bewerten.

Literatur

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

Abbildung 7b

Die Genotypen (Farbcode) der Eichenstabflechte *Bactrospora dryina* an drei Eichen von drei Standorten (Marthalen, Sins, Spitz). Die populationsgenetische Analyse zeigt unterschiedlich hohe genetische Vielfalt auf einzelnen Bäumen und einen niedrigen Genfluss zwischen den drei Standorten. Diese Daten weisen darauf hin, dass die Hartholzauenwälder untereinander nicht vernetzt sind.



Quelle: Nadyeina et al. 2017

Tabelle 1

Methoden zur Messung der Sedimentdynamik. Methoden in Entwicklung sind blau hinterlegt. EZG: Einzugsgebiet.

Messgrösse	Methode/ Messgerät	Anwendungs- bereich	Stärke (+) Schwäche (-)	Skala		Literatur-Nr.
				Zeit	Raum	
Schwebstoffe						
Konzentration (und z.T. Grösse und/ oder Form)	Optische Sensoren (Licht oder Laser)	Bestimmung der Schwebstoffkon- zentration als Funktion der Trübung	+ Präzision + Zeiterfassung + autonome Messung + Abschätzung Transport via Geschwindigkeit (zwei Sensoren) - Stromversorgung - Sedimente nicht gesammelt - Kalibrierungsbedarf	Momentauf- nahme – Monitoring	Punktmessung	1)
	Akustische Verfahren (Nutz- ung Dopplereffekt, d. h. mittels Re- fektion Schall- wellen)	Vielfältiger Einsatzbereich (Monitoring, Forschung etc.)	+ Präzision + Profilerstellung möglich + Geschwindigkeitsberechnung - in Weiterentwicklung - spezifische Kalibrierung	Momentauf- nahme – Monitoring	Punktmessung, Profile und Transecte	2)
	Vertikale Röhrensammler	Standardisierte Felderhebung, anschliessende Laboranalyse	+ Design robust, einfach + Sedimente gesammelt - Störung des Abflusses, v. a. sohlennahe - Variabilität zwischen Erhebern	Sammelprobe	Punktmessung	3)
	Pumpsammler	Standardisierte Felderhebung, anschliessende Laboranalyse	+ Design robust + Sedimente gesammelt + Profilerstellung möglich - anfällig auf Verstopfung - Installation aufwändig	Kontinuierlich oder gepulst (inkl. Zeitreihen)	Punktmessung und Profile	1)
	Visuelle Einschät- zung Sichttiefe	Grobe Einordnung Trübung, z. B. Bewertung äusserer Aspekt	+ Standardmethode + einfache Anwendung - Subjektivität	Moment- aufnahme	Abhängig von Beprobung	4) 5)
	Schöpfproben	Standardisierte Felderhebung, anschliessende Laboranalyse	+ Design robust, einfach + Sedimente gesammelt + breite Anwendung, etabliert - Störung des Abflusses, v. a. sohlennahe und seichte Stellen - Variabilität zwischen Erhebern	Momentaufnahme	Punktmessung und Profile	1)
	Geschiebe					
Masse oder Volumen pro Zeit	Geschiebe(fang)- körbe	Beprobung Geschiebe	+ rel. kostengünstig + Messung während Hochwasser - Fluss watbar - mehrere Körbe nötig	Einmalige Erhebung	Mesohabitat – Abschnitt	6)
	Geophon-Senso- ren (Vibrations- messung)	Quantifizierung Geschiebetrans- port	+ autonome Messung - aufwändige Installation - Standortanforderungen - Kalibrierung schwierig	Mehrmalige und kontinuierliche Erhebung	Mesohabitat – Abschnitt	7) Abb. 1

Messgrösse	Methode/ Messgerät	Anwendungs- bereich	Stärke (+) Schwäche (-)	Skala		Litera- tur-Nr.
				Zeit	Raum	
	Structure from motion (3D Oberflächenberechnung via digitaler Bildvermessung)	Charakterisierung Topographie und Monitoring geomorphologischer Veränderungen	+ kostengünstig + Aufnahmen in schwer zugänglichem Gebiet möglich - Datenaufbereitung aufwändig - limitiert in benetzten/bewachsenen Flächen - Expertenwissen	Jahre (mehrmalige Erhebung)	Mesohabitat – Abschnitt	8) Abb. 3
Umwälzung/ Partikel- Verhalten	Scour chains	Bestimmung Nettounterschied zwischen Erosion und Ablagerung	+ Messung während Hochwasser - Störung Sohle bei Installation - aufwändig (Feld) - Auffindbarkeit - Messung Nettounterschied (≠ zeitliche Variation)	Ereignis-Monitoring	Mesohabitat – Abschnitt	9)
	Farbmarkierung Partikel	Ausmass Sedimentumlagerung	+ kostengünstig - zeitaufwändig - Fluss watbar - Auffindbarkeit	Ereignis-Monitoring	Mesohabitat – EZG	10)
	PIT-Tagging Partikel	Ausmass Sedimentumlagerung	+ Tracking Einzelpartikel + relativ kostengünstig - Fluss watbar - aufwändig (Vorbereitung, Feld)	Ereignis-Monitoring	Mesohabitat – EZG	11)

Substratzusammensetzung						
Korngrößen- Verteilung	Pebble-count, z.B. entlang eines Transekts	Charakterisierung Lebensraum, Grundlagendaten (z.B. hydraulische Modellierung)	+ Datenaufbereitung schnell + kostengünstig + Beprobung benetzter Flächen - Unterschätzung kleiner Partikel - Variabilität zwischen Erhebern und Proben - nur Deckschicht	Jahre	Mesohabitat – Abschnitt	12)
	Linienzahlanalyse	Charakterisierung Lebensraum, Grundlagendaten (z.B. Berechnung Geschiebefracht)	+ Datenaufbereitung schnell + kostengünstig + Beprobung benetzter Flächen + geringe Variabilität zwischen Erhebern und Proben - zeitaufwändig im Feld - nur Deckschicht	Jahre	Mesohabitat – Abschnitt	13)
	Mittlere Korngrösse und Heterogenität	Charakterisierung Lebensraum	+ schnelle, einfache Erhebung + ökologisch relevante Grössen - nur Deckschicht	Jahre	Mesohabitat – Abschnitt	14)
	Basegrain/ Bildanalyse	Charakterisierung Korngrößen-Verteilung	+ schnelle Erhebung + kostengünstig + geringe Variabilität zwischen Erhebern und Proben + Extrapolation auf Verteilung unterhalb Deckschicht - Datenaufbereitung lang - Fehler aufgrund Schattenwurfs - Präzision unter Wasser reduziert	Jahre	Mesohabitat – Abschnitt	15) Abb. 2a

Messgrösse	Methode/ Messgerät	Anwendungs- bereich	Stärke (+) Schwäche (-)	Skala		Litera- tur-Nr.
				Zeit	Raum	
Akkumulation im Porenraum der Sohle (Kolmation)	Sedimentakkumu- lationskorb	Ausmass Fein- sedimenteintrag in Sohle	+ relativ kostengünstig + Messung während Hochwasser - Fluss watbar - mehrere Körbe nötig	Sammelprobe	Punktmessung	16)
	Visuelle Beur- teilung Kolmation in 5 Stufen	Eignung Laich- plätze, Austausch mit Grundwasser	+ schnelle, einfache Erhebung + ökologische Relevanz - kategorielle Daten - nur unbenetzte Bereiche - Subjektivität	Jahre	Mesohabitat	17)
Gerinneform						
Sinuosität Anzahl Arme Bänke und Inseln Habitatum- lagerung	Fernerkundung (Drohne/Flug- zeug/Satellit)	Veränderung Ökosystem	+ häufige, effektive Bewertung auf Landschaftsebene - Ausrüstung - Expertenwissen - bedingt anwendbar im Wasser	Tage – Jahrzehnte	Mesohabitat – EZG	18) 19) Abb. 4
Gerinnegeometrie						
Gerinne- dimension	Querprofilauf- nahmen	Charakterisierung Lebensraum, Grundlagendaten (z. B. Berechnung Geschiebefracht)	- zeitaufwändig	Jahre	Mesohabitat – EZG	1)
	3D Oberflächenin- formation mittels LiDAR (Light detection and ranging)	Charakterisierung und Veränderung Ökosystem (z. B. Umlagerung)	+ präzise 3D Information - kostspielig - Ausrüstung - Expertenwissen	Jahre	Mesohabitat – EZG	8) Abb. 2b
	Acoustic-Doppler- Current-Profilier (ADCP)	Vielfältiger Einsatzbereich (Monitoring, Forschung etc.)	+ präzise 3D Information - Ausrüstung - Expertenwissen	Tage – Jahrzehnte	Abschnitt	20)
	Modelle (z. B. Basement)	Breite Anwendung, z. B. Gefahren- prävention, eFlows, Revita- lisierung	+ vielfältiger Einsatzbereich + ermöglicht Voraussagen + Visualisierung - zeitaufwändig - grosse Datenmenge	Tage – Jahrzehnte	Abschnitt – EZG	21)

Tabelle 2

Methoden zur Messung der Auswirkungen der Sedimentdynamik auf die Umweltbedingungen und die ökologischen Prozesse. Methoden in Entwicklung sind blau hinterlegt. EZG: Einzugsgebiet

Messgrösse	Methode/ Messgerät	Anwendungs- bereich	Stärke (+) Schwäche (-)	Skala		Litera- tur-Nr.
				Zeit	Raum	
Rückhalt organischen Materials	Ausbringen von künstlichem Laub (Papier)	Bisher v. a. Forschungs- projekte	+ Simulation eines natürlichen Prozesses (Feldexperiment) + standardisierte Bewertung - Fluss watbar - Personenaufwand	Stunden	Abschnitt	22) Steck- brief 25
Respiration (CO ₂ Flux)	Boden-Respira- tions-Kammer	Bisher v. a. Forschungspro- jekte	+ schnell und günstig + standort- und zeitspezifisch + Erkennen schneller Veränderung - Störung Hyporheos bei Beprobung	Stunden – Tage	Mesohabitat	23) Abb. 5

Tabelle 3

Methoden zur Messung der Auswirkungen der Sedimentdynamik auf die Lebewesen in Fliessgewässern. Methoden in Entwicklung sind blau hinterlegt. EZG: Einzugsgebiet

Messgrösse	Methode/ Messgerät	Anwendungs- bereich	Stärke (+) Schwäche (-)	Massstab		Litera- tur-Nr.
				Zeit	Raum	
Sukzessionsstadien						
Zusammen- setzung Pflanzen- gemein- schaften und Alters- klassen	Bestandes- erhebung	Charakterisierung Habitatmosaik in Auen	+ kombinierbar (Luftbilder/LIDAR, Verbreitungsdaten) + Indikatorarten für gewisse Habitatstypen - zeitaufwändig - Expertenwissen	Saison – Jahre	Regional – global (CH meist 10 – 100 m ²)	39) 24) 25)
			+ hohe Auflösung - Datentransformation nötig - Expertenwissen - ggf. Bodendaten nötig			Saison – Jahre
	Ausbreitung und Genfluss	Charakterisierung Lebensraum- verbund	+ Arten und Populationen + präzise + Erklärung vergangener und heutiger Diversität - Interpretation schwierig (versch. Effekte mit gleichem genet. Muster) - Expertenwissen - kostspielig	historisch – heute	regional – global	27) Abb. 7a, 7b
	Modellierung potentiell geeigneter Habitate für Auenpflanzen	Abschätzen Revitalisierungs- potential	+ Abschätzung vergangener, heutiger und zukünftiger Verbreitung - Expertenwissen - Umweltdaten nötig	Historisch – Vorhersage	regional – global	28) Abb. 6

Messgröße	Methode/ Messgerät	Anwendungsbereich	Stärke (+) Schwäche (-)	Massstab		Literatur-Nr.
				Zeit	Raum	
Vertikale Vernetzung/Kolmation						
Fortpflanzung kies-laichender Fischarten	Zählen von Laichgruben, Larven, Laichtieren	Eignung Laichhabitat, Fortpflanzungserfolg, z. B. nach Schüttungen	+ schnell und einfach + Index zu mehrjährigem Fortpflanzungserfolg - Zugänglichkeit Standorte	Saison – Jahre	Abschnitt – EZG	29) 30)
	Experimentelles Ausbringen von Fischeiern (z. B. Vibertboxen)	Eignung Laichhabitat, Fortpflanzungserfolg unter Feinsedimenteintrag	+ Anwendung einfach + modifiziert, um Feinsedimenteintrag zu quantifizieren - Anzahl Eier beschränkt	Saison – Jahre	Mesohabitat – Abschnitt	31) 32) 33) 34)
Abschürfung						
Widerstandskraft (= Resistenz)	Ausbringen künstlicher Moose (Velcro Streifen)	Ermittlung Abschürfungintensität	+ kostengünstig	Saison – Jahre	Mesohabitat – Abschnitt, Vergleich zwischen Flüssen	35)
	Ausbringen künstlicher Uferpflanzen (Holzstäbchen)	Ermittlung Geschiebedynamik an Ufern	+ kostengünstig + Quantifizierung Erosion	Saison – Jahre	Mesohabitat – Abschnitt, Vergleich zwischen Flüssen	35)
	Vorkommen abschürfungs-resistenter Artengruppen (z. B. Algen)	Charakterisierung Geschiebedynamik	+ Gilden-basiert, dadurch breit vergleichbar - Expertenwissen	Saison – Jahre	Mesohabitat – EZG	36)
	Dendrochronologie (z. B. Jahrringanalyse)	Rekonstruktion früherer Geschiebedynamik	- Expertenwissen	historisch	Abschnitt	37)
Erholungsfähigkeit (= Resilienz)	Periphytonvorkommen (Gehalt an Chlorophyll a)	Störungsintensität, Zeitpunkt seit geschiebeführendem Hochwasser	+ einfach und günstig + breit genutzt + funktioneller Indikator - Expertenwissen für Bestimmung	Saison – Jahre	Mesohabitat – Abschnitt	35)
	Vielfalt und Intensität mikrobieller Prozesse	Bisher v. a. Forschungsprojekte	+ Erhebung einfach + funktioneller Indikator + Kosten sinken - Expertenwissen	Tage – Jahre	Mesohabitat – Abschnitt	38)

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 Scapoza, 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: Döring, M., Facchini, M., Fink, S., Franca, M. J., Martín Sanz, E., Robinson, Ch., Scheidegger, Ch., Siviglia, N., Trautwein, C., Vetsch, D., Weber, Ch., 2017: Sedimentdynamik und ihre Auswirkungen messen. In: Geschiebe- und Habitatsdynamik. Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. Merkblatt 2.

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