

Eawag

News



Hochwasserschutz und Revitalisierung – Neue Wege für unsere Flüsse

Seite 12. Vom Expertenentscheid zum Risikodialog

Seite 26. Revitalisieren durch Aufweiten

Seite 32. Ende gut, alles gut? Ein Werkzeug für die Erfolgskontrolle



Bruno Schädler,
Atmosphärenphysiker und
Hydrologe, wissenschaftlicher
Berater in der
Abteilung Hydrologie des
Bundesamts für Umwelt,
BAFU

Rhone-Thur-Projekt: Hin zur integralen Gewässerentwicklung

Im Herbst 2000 suchten verheerende Hochwasser grosse Teile der Südalpen und Englands heim. Dies nahm Jim Dooge, der heute 84-jährige Doyen der hydrologischen Wissenschaften, zum Anlass, die Teilnehmenden eines gleichzeitig stattfindenden internationalen Hochwassersymposiums aufzufordern, die Vision eines integralen und nachhaltigen Wasserressourcenmanagements rasch in die Tat umzusetzen. Als emeritierter Universitätsprofessor und ehemaliger Politiker (irischer Aussenminister) vereint Jim Dooge alle Fähigkeiten und Erfahrungen, um dieser Vision Nachachtung zu verschaffen. Wichtig sei es, nicht nur Fachleute aus Wasserbau, Biologie und Ökologie zusammenzubringen; vielmehr wäre die zusätzliche Mitarbeit der Sozial-, Kommunikations- und Wirtschaftswissenschaften sowie der Jurisprudenz notwendig.

Seit der ersten internationalen Wasserkonferenz 1977 in Mar del Plata (Argentinien), hatte die Forderung nach einem integralen Wasserressourcenmanagement (IWRM) eine immer breitere Zustimmung in der Wissenschaft und der internationalen Politik gefunden. Doch trotz löblicher Ausnahmen blieb die Umsetzung in der lokalen und regionalen Politik und in der Praxis schwierig. Das war das Umfeld, in dem in Europa die Zeit für die EU-Wasserrahmenrichtlinie und die EU-Hochwasserschutzrichtlinie reif wurde. Nicht nur soll der gute Zustand der Gewässer bewahrt oder wieder hergestellt werden, gleichzeitig sollen auch Menschen und Güter vor Hochwasser geschützt sein. In der Schweiz gibt die neue Bundesverfassung von 1999 die entsprechenden Vorgaben für die nachhaltige Entwicklung in den Artikeln 2 und 73 und spezifisch für die Wasserbewirtschaftung im Artikel 76. Eine explizite Vorgabe für eine *integrale* Gewässerbewirtschaftung gibt es jedoch nicht.

Grosse wasserwirtschaftliche Projekte stehen bevor: Flusskorrekturen, die vor mehr als hundert Jahren nach dem besten damaligen Wissen realisiert worden sind, müssen erneuert und den zukünftigen Erfordernissen angepasst werden: Die Rhone im

Wallis, der Linthkanal, der Alpenrhein oberhalb des Bodensees, die Thur und andere mehr. Wie sollen nun die politischen Vorgaben im Rahmen dieser grossen Wasserbauvorhaben umgesetzt werden? Diese Frage haben sich einige vorausschauende Forscher an schweizerischen Hochschulen gestellt und mit Enthusiasmus Kollegen anderer Institute, privater Büros, kantonaler und eidgenössischer Behörden motiviert. Gemeinsam haben sie ein grosses transdisziplinäres Projekt auf die Beine gestellt, das Projekt «Integrale Gewässerentwicklung», besser bekannt unter dem Arbeitstitel «Rhone-Thur-Projekt».

Und die Resultate lassen sich sehen: In dieser Ausgabe der Eawag News, auf der Website www.rivermanagement.ch, in zahlreichen themenspezifischen Fachartikeln, aber auch in vielen Diplomarbeiten und Dissertationen. Als Ergänzung werden zudem Weiterbildungskurse für die Praxis angeboten.

Wie hat Jim Dooge doch kürzlich an einer öffentlichen Veranstaltung die vier Erfolgselemente einer transdisziplinären Zusammenarbeit umrissen: Offene und ehrliche Diskussionen führen, eine gemeinsame Sprache mit Rücksicht auf Dialekte und fachspezifische Ausdrücke finden und sich anstrengen, andere Sichtweisen zu verstehen. Dies alles unterstreicht die Wichtigkeit des vierten Elements: Gut zuhören!

Bruno Schädler

Leitartikel

4 **Revitalisieren – warum und in welchem Rahmen?**



A. Peter, Eawag

Weltweit sind Fließgewässer stark verbaut. Intakte Flüsse und Bäche sind jedoch für die Gesellschaft von grossem Nutzen. Das Rhone-Thur-Projekt liefert Grundlagen und Werkzeuge für die nachhaltige Entwicklung von Fließgewässern.

Aus Forschung und Praxis

9 **Hochwasserschutz – eine Herausforderung**

Hochwasserschutz wird immer komplexer. Vorausdenken ist gefragt.

12 **Vom Expertenentscheid zum Risikodialog**

Faire und transparente Planungsverfahren unter Einbezug aller Akteure.

15 **Revitalisierungen mit ökologischen Indikatoren bewerten**

Tragen Flussrevitalisierungen überhaupt zu einer nennenswerten ökologischen Aufwertung der Gewässern bei?

18 **Gewässerdynamik und konstruktiver Hochwasserschutz: ein Widerspruch?**

Neuzeitlicher Flussbau muss sich an den Kräften und am natürlichen Verhalten eines Flusses orientieren.

21 **Die Konsequenzen von Revitalisierungsmassnahmen vorhersagen**

Mathematische Modelle tragen substantiell zur Entscheidungsfindung in der Planungsphase bei.

24 **Entwicklung der Landschaft in revitalisierten Auen**

Prozessbasierte Sukzessionsmodelle liefern erste Vorhersagen.

26 **Revitalisieren durch Aufweiten**

Fünf Fließgewässerabschnitte wurden vor und nach der Aufweitung genauer unter die Lupe genommen.

28 **Schwall und Sunk in Fließgewässern**

Zur Schwalldämpfung sind grundsätzlich bauliche und betriebliche Massnahmen denkbar.

30 **Schwall und Sunk: Auswirkungen auf das Grundwasser**

Schwall/Sunk beeinflusst die Kolmation in der Rhone.

32 **Ende gut, alles gut? Ein Werkzeug für die Erfolgskontrolle**

P. Keusch, Kt. VS



Der Bagger ist weg, der Regenpfeifer zurück und die lokale Bevölkerung begeistert. Ist das Revitalisierungsprojekt also ein Erfolg? Das Verfahren zur Erfolgskontrolle hilft, diese Frage zu beantworten.

eawag
aquatic research

Impressum

Herausgeberin, Vertrieb: Eawag, Postfach 611, 8600 Dübendorf, Schweiz, Tel. +41 (0)44 823 55 11, Fax +41 (0)44 823 53 75, www.eawag.ch

Redaktion: Martina Bauchrowitz, Eawag

Copyright: Nachdruck möglich nach Absprache mit der Redaktion.

Erscheinungsweise: unregelmässig in Deutsch, Englisch und Französisch. Chinesische Ausgabe in Zusammenarbeit mit INFOTERRA China National Focal Point.

Abbildungen: Peter Nadler, Küsnacht

Konzept: TBS Identity, Zürich

Satz, Bild und Layout: Peter Nadler, Küsnacht

Gedruckt: auf Recyclingpapier

Abonnement und Adressänderung: NeuabonnentInnen willkommen.

eawag.news@eawag.ch

ISSN 1420-3979

Fazit

35 **Rhone-Thur-Projekt aus Thurgauer Sicht Gefragt sind einfache Instrumente Werkstatt Gewässerentwicklung**

Verschiedenes

36 **Publikationen Rhone-Thur-Projekt 39 Eawag-Publikationen 40 In Kürze**



Armin Peter, Biologe,
Co-Projektleiter des
Rhone-Thur-Projekts,
Eawag

Revitalisieren – warum und in welchem Rahmen?

Weltweit sind Fliessgewässer stark verbaut. Intakte Flüsse und Bäche sind jedoch für die Gesellschaft von grossem Nutzen. Deshalb will man sie in einen naturnahen Zustand zurückführen. Das Rhone-Thur-Projekt liefert Grundlagen und Werkzeuge für die nachhaltige Entwicklung von Fliessgewässern.

Schweizer Fliessgewässer sind aufgrund von Hochwasserschutzmassnahmen und anderen wasserbaulichen Eingriffen stark beeinträchtigt. Das gilt auch für Rhone und Thur, die ihre ökologische Vielfalt und landschaftliche Eigenart weitgehend verloren haben. Deshalb werden Fliessgewässer heute vermehrt revitalisiert und neue Hochwasserschutzprojekte gehen fast immer mit Revitalisierungsmassnahmen einher. So hat der Grosse Rat des Kantons Wallis im Jahr 2000 die dritte Rhonekorrektur beschlossen. Ziel ist es, Lücken im derzeitigen Hochwasserschutzsystem zu schliessen und die Rhone gleichzeitig ökologisch aufzuwerten. Ferner haben sich die fünf Kantone im Einzugsgebiet der Thur für die natürliche oder naturnahe Entwicklung der Thur und ihrer Seitengewässer ausgesprochen. Diese zweite Thur-Korrektur wurde 1993 in Angriff genommen. Bisher wurden bereits mehrere Bauetappen realisiert und das Projekt wird in den nächsten Jahren fortgesetzt.

Wissenschaftlich begleitet wurden die beiden kantonalen Projekte von 2002 bis 2005 durch das transdisziplinäre Rhone-Thur-Projekt (siehe Kasten). Darin wurden wissenschaftliche Grundlagen sowie praxistaugliche Instrumente und Methoden erarbeitet, die in zukünftigen Wasserbauprojekten (auch zur Lebensraumverbesserung) nutzbar sind.

Hauptprobleme heute: die naturferne Gewässermorphologie und das veränderte Abflussregime. Schätzungen [1, 2] ergaben, dass weltweit 75–95% der Fliessgewässer degradiert sind. Die Beeinträchtigungen sind vielfältig (siehe Tab. 1 auf Seite 8). Viele Fliessgewässer sind morphologisch monoton, ihr Abflussregime ist stark verändert oder sie sind chemisch belastet. Auch sind Mehrfachbelastungen

eher die Regel als die Seltenheit. In den USA werden nur noch 2% der Fliessgewässer als natürlich eingestuft und mehr als ein Drittel gilt als stark beeinträchtigt oder verschmutzt [1].

In der Schweiz stand die Verbesserung der chemischen Gewässerqualität in den letzten 50 Jahren im Vordergrund. Heute gehört die naturferne Gewässermorphologie, und zwar insbesondere die Fragmentierung und die fehlende Vernetzung der Lebensräume, zu den grössten Problemen. Abbildung 1 gibt einen umfassenden

Das Forschungsprojekt Rhone-Thur

Ziel des transdisziplinären Forschungsprojekts war es, die Grundlagen für einen nachhaltigen Umgang mit Fliessgewässern zu erarbeiten. Sie wurden weitgehend an den Flüssen Rhone und Thur entwickelt.

Es wurden drei Hauptthemen bearbeitet:

- ▶ Biologie/Ökologie durch Eawag und WSL (Eidgenössische Forschungsanstalt für Wasser, Schnee und Landschaft),
- ▶ Gesellschaft/Landschaft durch WSL und Eawag,
- ▶ Wasserbau durch VAW (Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glazilogie der ETH Zürich) und LCH (Laboratoire de constructions hydrauliques der EPFL).

Produkte des Rhone-Thur-Projekts, die in dieser Eawag News vorgestellt werden:

- ▶ Handbuch für die Partizipation und Entscheidungsfindung bei Wasserbauprojekten [3],
- ▶ Integratives Modell, um die Konsequenzen von Massnahmen zu prognostizieren [4],
- ▶ Auensukzessionsmodell [5],
- ▶ Synergien und flussbauliche Massnahmen (Bericht kommt Ende 2006 heraus),
- ▶ Synthesebericht Gerinneaufweitungen [6]
- ▶ Synthesebericht Schwall/Sunk (nur Rhone) [7]
- ▶ Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fliessgewässerrevitalisierungen [8].

Eine ausführliche Publikationsliste gibt es auf S. 36 sowie im Internet unter www.rivermanagement.ch und www.rhone-thur.eawag.ch

Weitere Partner des Rhone-Thur-Projekts waren der Bund (mit dem Bundesamt für Umwelt, BAFU), die Kantone Thurgau und Wallis, die Universitäten Zürich und Neuchâtel, die Auenberatungsstelle Yverdon sowie verschiedene Umwelt- und Ingenieurbüros, namentlich die Limnex AG.

Überblick über den ökomorphologischen Zustand der schweizerischen Fließgewässer: bei mehr als einem Drittel ist Handlungsbedarf angesagt.

Hinzu kommen Veränderungen des Abflussregimes, die meist durch die Wasserkraftnutzung verursacht werden. In der Schweiz existieren über 1600 Wasserkraftwerke. Viele davon entnehmen Wasser aus Fließgewässern und leiten es um in Stauseen. So führen die betroffenen Gerinne wenig Wasser und es entstehen Restwasserstrecken. Zusätzlich ergeben sich bei der Rückgabe des Wassers aus den Stauseen stark fluktuierende Abflüsse (Schwall/Sunk). Cirka 25% der mittleren und grösseren Fließgewässer sind davon betroffen.

Abiotische Defizite mindern die ökologische Funktionsfähigkeit. Die angesprochenen abiotischen Defizite wirken sich negativ auf die Lebensgemeinschaften und ökologischen Prozesse aus. Damit ist die Funktionsfähigkeit der Fließgewässer beeinträchtigt und die Artenvielfalt reduziert. So weisen Seen und Fließgewässer eine 5-mal höhere Aussterberate von Arten auf als terrestrische Ökosysteme [9]. Als ein Hauptgrund dafür wird die Fragmentierung durch Querbauwerke wie Dämme und Sohlenverbauungen angesehen [10]. Sie behindern die Ausbreitung und Wanderung von Organismen. In unfragmentierten Fließgewässersystemen ist die Biodiversität z.B. gegenüber klimatischen Veränderungen weniger empfindlich, weil die Organismen durch Standortwechsel ihnen passende Areale aufsuchen können.

Synergien zwischen Hochwasserschutz und Naturschutz nutzen. Gegeben durch die intensive Beanspruchung sind umfassende Konzepte für die nachhaltige Nutzung und den Schutz von Fließgewässern notwendig. Die Gesellschaft ist auf die verschiedenen Ökosystem-Dienstleistungen angewiesen: Trinkwasser, Wasser für Bewässerung, Selbstreinigungskraft der Gewässer, Klimaregulation, Biodiversität, Fischerei, Freizeitaktivität, spirituelle und ästhetische Werte etc. Doch von diesen Dienstleistungen können wir auf Dauer nur profitieren, wenn die wichtigsten Funktionen der Fließgewässer gewährleistet sind. Revitalisierungen sind also dringend notwendig.

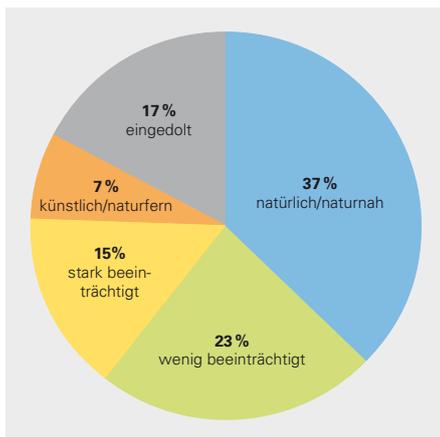
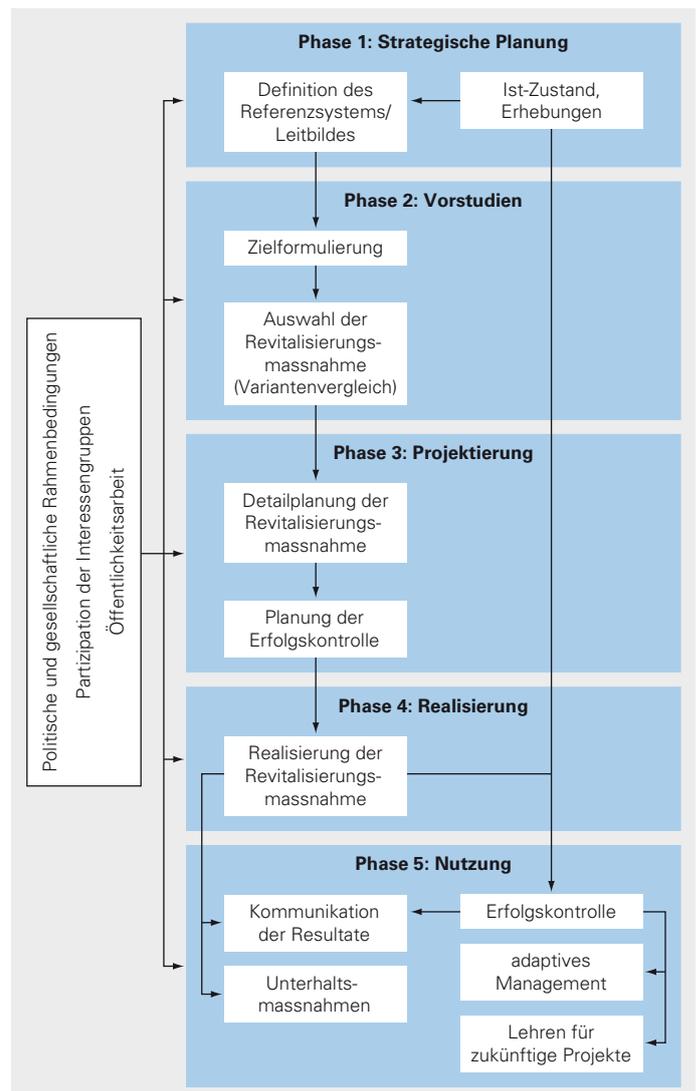


Abb. 1: Ökomorphologische Klassifizierung der Schweizer Fließgewässer anhand des Modul-Stufen-Konzepts (Daten: BWG, Stand Okt. 2005) [8].

Gleichzeitig müssen Siedlungen, Infrastrukturen wie z.B. Verkehrswege, Industrien und Agrarflächen vor den Auswirkungen der Hochwässer geschützt werden. Jedoch reichen die heutigen Schutzmassnahmen oft nicht mehr aus. Das zeigte eindrücklich das Hochwasser im August 2005 (siehe Artikel von H.P. Willi auf S. 9). Zudem wird man sich mehr und mehr bewusst, dass den Fließgewässern im Sinne eines effektiven Hochwasserschutzes mehr Raum zugestanden werden muss. So ergeben sich wichtige Synergien zwischen Wasserbau und Ökologie (siehe Artikel von A. Schleiss auf S. 18).

Sorgfältig planen – erfolgreich revitalisieren. Revitalisierungen sind komplexe Projekte, bei denen der Hochwasserschutz, die Gewässerdynamik und die Ökologie zentral sind. Ein sorgfältiges Projektmanagement ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Revitalisierung. Abbildung 2 zeigt den idealen Projektlauf von der Planung

Abb. 2: Idealer Ablauf eines Revitalisierungsprojekts [8].



bis zur Erfolgskontrolle. In den beiden ersten Phasen «Strategische Planung» und «Vorstudien» werden die Ziele und Massnahmen der Revitalisierung definiert. Das Rhone-Thur-Projekt erarbeitete Instrumente, die diese Entscheidungsfindung zukünftig erleichtern sollen.

Ein wichtiger Prozess in der Planung ist die anfängliche Diskussion um grundsätzliche Fragen zur Revitalisierung:

- ▶ Welche Synergien zwischen Hochwasserschutz und Lebensraumaufwertungen sind möglich?
- ▶ Welche Ökosystem-Dienstleistungen sollen verbessert oder wiederhergestellt werden?
- ▶ Wie weit können Lebensraumaufwertungen und Vernetzungen realisiert werden?
- ▶ Welche stark beeinträchtigten oder verschwundenen Arten sollen den Fluss wieder besiedeln?
- ▶ Mit welchen Massnahmen lässt sich kostengünstig ein ökologisch wertvoller Lebensraum wiederherstellen?

Dabei sind die politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen sowie alle Interessengruppen einzubeziehen: Das Handbuch «Wasserbauprojekte gemeinsam planen» zeigt Mittel und Wege auf, diesen konstruktiven Dialog erfolgreich zu animieren (siehe Artikel vom M. Zaugg auf S. 12).

Eine andere Möglichkeit, die Entscheidungsfindung zu erleichtern, bieten mathematische Modelle. Sie prognostizieren, wie sich potenzielle Massnahmen auswirken würden. Das Auen-sukzessionsmodell geht spezifisch auf die Landschafts- und Vegetationsentwicklung ein (siehe Artikel von C. Glenz auf S. 24). Dagegen ist das integrative

Die Thur bei Altikon-Niederneunforn vor dem Bau (Juni 2001, links) und zwei Jahre nach dem Bau der Aufweitung (September 2005, rechts). Dies ist mit 1,5 km die längste Flussaufweitung in der Schweiz. Sie wurde intensiv durch das Rhone-Thur-Projekt untersucht. Deutlich erkennbar ist die starke Zunahme der Uferlinie durch die Bildung von Kiesbänken. Dadurch entstanden neue Habitattypen, welche rasch von Pflanzen und Tieren besiedelt wurden.





Fotos: C. Herrmann, BHAteam, Frauenfeld

Modell breiter angelegt. Es modelliert sowohl ökonomische als auch ökologische Konsequenzen von Massnahmen (siehe Artikel von P. Reichert auf S. 21). Derzeit besteht das ökologische Modul aus den Teilen Morphologie und Hydraulik, Fische, Uferfauna sowie Flussbettorganismen. Zudem soll das Auenmodell in vereinfachter Form in das integrative Modell aufgenommen werden.

Erfahrungen an zukünftige Projekte weitergeben. Nachdem die Revitalisierungsmaßnahmen festgelegt und umgesetzt wurden, muss überprüft werden, ob die Projektziele erreicht sind. Die Erfolgskontrolle ist ein wichtiger Schritt im Projektablauf (Abb. 2), denn damit können Lehren für künftige Projekte gezogen werden. Das «Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen» beschreibt Schritt für Schritt, wie man dabei vorgehen soll (siehe Artikel von C. Weber auf S. 32).

Die Beurteilung der Projektziele wird anhand von Indikatoren durchgeführt. Das sind möglichst einfach messbare Parameter. Im Handbuch werden vorwiegend ökologische Indikatoren wie z.B. die Länge der Uferlinie oder Artenvorkommen und -häufigkeit beschrieben (siehe Artikel von K. Tockner auf S. 15). Weitere Indikatoren betreffen Projektziele aus den Bereichen Finanzen, Wasserbau, Trinkwasserversorgung, Erholungswert, politische Akzeptanz und Stakeholder-Partizipation.

Mit spezifischen Indikatoren, die die Landschaftsstruktur einerseits und die Vegetationsentwicklung andererseits beschreiben, wurde der Erfolg der Thuraufweitung bei Gütighausen überprüft (siehe Artikel von S. Rohde auf S. 26).

Die Schwall/Sunk-Problematik. In speziellen Fällen kommen zusätzliche Schwierigkeiten zu den wasserbaulichen und lebensraumverbessernden Aufgaben hinzu. An der Rhone ist das die Schwall/Sunk-Problematik. Damit sind Abflussschwankungen gemeint, die unterhalb von Speicherkraftwerken auftreten. Sie haben Auswirkungen auf

Anthropogene Interessen	Hintergründe – Auswirkungen – Beispiele
Hochwasserschutz: Begradigungen und Kanalisierungen	<ul style="list-style-type: none"> ▶ fehlende laterale, longitudinale und vertikale Vernetzung ▶ Fragmentierung durch Querbauwerke zur Sohlenstabilisierung als Folge der Kanalisierung: 11 künstliche Hindernisse pro km Fließstrecke im Kanton Zürich, 5 im Kanton Aargau, 2 im Kanton Bern ▶ betroffen: über 33 000 km in Schweden [11], 80% der grösseren Flüsse in Österreich [12]
Hochwasserschutz und Melioration: Eindolungen = Fließgewässer in ge- schlossenen Rinnen	<ul style="list-style-type: none"> ▶ auf landwirtschaftlichen Flächen, an Strassenüberführungen und in Städten ▶ 17% der Schweizer Fließgewässer sind eingedolt
Landgewinnung	<ul style="list-style-type: none"> ▶ für Siedlungen, Landwirtschaft, Verkehr und Industrie ▶ mehr als 95% der Flachlandgewässer im Südosten Englands und in Dänemark [13] ▶ Verbauung der Ufergebiete und oft Totalverlust der Auen
Bewässerung und Stromge- winnung aus Wasserkraft	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Staudämme: weltweit ~800 000, davon ~45 000 grosse Dämme; 156 grosse Staudämme in der Schweiz. ▶ Abflussregulierung: europäische Flüsse am stärksten betroffen, 70% der schwedischen Flüsse reguliert [10]; Stau- und Restwasserstrecken; Schwall/Sunk-Betrieb in 25% der mittleren und grossen Schweizer Fließgewässer [7]
Stoffliche Belastung	▶ durch Landwirtschaft, Siedlungen, Industrie
Schifffahrt	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Transport von schweren Gütern ▶ grosse Fließgewässer: Rhein, Donau, Elbe etc.
Forstwirtschaft/Flösserei	<ul style="list-style-type: none"> ▶ radikale Abholzungen (Kahlschlag) mit Bodenerosionen, vor allem in Nordamerika und in den Tropenwäldern ▶ Flösserei im 20. Jahrhundert vor allem in Skandinavien
Kiesentnahmen	Sohleneintiefung infolge Kiesmangels

Tab. 1: Wichtige anthropogene Interessen, die die ökologische Integrität der Fließgewässer beeinträchtigen.

die physikalische und chemische Wasserqualität (z.B. Temperatur und Trübung) sowie auf die Organismen im Fluss. Der Synthesebericht Schwall/Sunk (siehe Artikel von T. Meile auf S. 28) beschäftigt sich ausführlich mit den Grundlagen des Schwallbetriebs und schlägt mögliche Massnahmen zur Verminderung oder Eliminierung des Schwalls vor. Darüber hinaus wurde in der Rhoneebene zwischen Sion und Martigny untersucht, welche Auswirkungen der Schwall/Sunk-Betrieb auf die Gewässersohle und die Uferandbereiche und damit auf den Austausch zwischen Oberflächen- und Grundwasser hat (siehe Artikel von M. Fette auf S. 30).

Fließgewässerrevitalisierungen – ein boomendes Geschäft.

Fließgewässerrevitalisierungen werden in grösserem Umfang erst seit etwa 15 Jahren durchgeführt. Die Anzahl der Projekte hat in den letzten 10 Jahren weltweit massiv zugenommen und wird vermutlich weiterhin ansteigen. Auch in Europa werden Revitalisie-

rungen stark an Bedeutung gewinnen. Grund dafür ist die von der Europäischen Union im Jahr 2001 beschlossene Wasserrahmenrichtlinie. Sie verlangt, dass die Gewässer bis Ende 2015 einen guten ökologischen Zustand erreichen. Prioritäres Handeln ist dort angesagt, wo der Hochwasserschutz nicht mehr genügt und wo der Naturschutz massive ökologische Defizite identifiziert. Gemeinsam ist beiden Interessen die Forderung nach mehr Raum für die Gewässer. Daher sind Massnahmen, die gleichzeitig dem Hochwasserschutz und dem Naturschutz dienen, kein Widerspruch mehr! ○ ○ ○

- [1] Benke A.C. (1990): A perspective on America's vanishing streams. *Journal of the North American Benthological Society* 9, 77–88.
- [2] Dynesius M., Nilsson C. (1994): Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. *Science* 266, 753–762.
- [3] Hostmann M., Buchecker M., Ejderyan O., Geiser U., Junker B., Schweizer S., Truffer B., Zaugg Stern M. (2005): Wasserbauprojekte gemeinsam planen. Handbuch für die Partizipation und Entscheidungsfindung bei Wasserbauprojekten. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ. Publikation des Rhone-Thur-Projekts, 48 S.
- [4] Reichert P., Borsuk M., Hostmann M., Schweizer S., Spörri C., Tockner K., Truffer B. (2006): Concepts of decision support for river rehabilitation. *Environmental Modelling and Software* (in press).
- [5] Glenz C. (2005): Process-based, spatially-explicit modelling of riparian forest dynamics in Central Europe – Tool for decision-making in river restoration. Thèse Nr. 3223, EPFL, Lausanne.
- [6] Rohde S. (2005): Integrales Gewässermanagement, Erkenntnisse aus dem Rhone-Thur-Projekt, Synthesebericht Gerinnenaufweitungen. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, 69 S.
- [7] Meile T., Baumann P., Fette M. (2005): Synthesebericht Schwall/Sunk. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ. Publikation des Rhone-Thur-Projekts, 48 S.
- [8] Woolsey S., Weber C., Gonser T., Hoehn E., Hostmann M., Junker B., Roulier C., Schweizer S., Tiegs S., Peter A. (2005): Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen. Publikation des Rhone-Thur-Projekts. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ, 112 S.
- [9] Bernhardt E.S. *et al.* (2005): Synthesizing U.S. River restoration efforts. *Science* 308, 636–637.
- [10] Nilsson C., Reidy C.A., Dynesius M., Revenga C. (2005): Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science* 308, 405–408.
- [11] Jansson R., Nilsson C., Dynesius M., Andersson E. (2000): Effects of river regulation on river-margin vegetation: a comparison of eight boreal rivers. *Ecological applications* 10, 203–224.
- [12] Muhar S., Schwarz M., Schmutz S., Jungwirth M. (2000): Identification of rivers with high and good habitat quality: methodological approach and applications in Austria. *Hydrobiologia* 422, 343–358.
- [13] Giller, P.S. (2005): River restoration: seeking ecological standards. Editor's introduction. *Journal of Applied Ecology* 42, 201–207.



Hans Peter Willi, Bauingenieur, Chef Abteilung Gefahrenprävention, Bundesamt für Umwelt, BAFU

Hochwasserschutz – eine Herausforderung

Seit der Unwetterkatastrophe von 1987 ist die Schweiz dem nachhaltigen Hochwasserschutz verpflichtet. Erste Erfolge wurden verbucht. Doch der Hochwasserschutz wird durch mögliche Klima- und Nutzungsänderungen immer komplexer. Vorausdenken ist gefragt.

Das Hochwasser im August 2005 war katastrophal. Es ist das finanziell kostspieligste Schadenereignis der letzten 100 Jahre in der Schweiz. Laut der seit 1972 geführten Schadenübersicht haben sich die Schäden in der 2. Hälfte der Periode vervierfacht. Betrachtet man die Investitionsstatistik, stellt man fest, dass die eingesetzten Mittel seit den Ereignissen von 1987 verdoppelt werden mussten. Doch obwohl wesentlich mehr investiert wurde, gingen die Schäden nicht zurück, im Gegenteil, sie haben noch zugenommen. Was bedeutet dies für die aktuelle Schutzstrategie? Hat sie gar versagt?

Hochwasserschutzmassnahmen: Chancen für die ökologische Aufwertung. In den letzten 15 Jahren hat sich die Sichtweise im Umgang mit den Naturgefahren massgeblich verändert. Die Nationale Plattform Naturgefahren, PLANAT, hat mit ihrer breit abgestützten Strategie gezeigt, dass Naturgefahren mit rein technischen Massnahmen allein, nicht in den Griff zu bekommen sind [1]. Es braucht eine umfassende Risikokultur, ein ganzheitliches Risikomanagement. Trotzdem wird man auch in Zukunft mit Schutzbauten in die Gewässer eingreifen müssen, um eine angemessene Sicherheit zu gewährleisten. Ein Eingriff, also eine Veränderung, ist aber gleichzeitig auch eine Chance, den ökologischen Zustand zu verbessern. In diesem Sinne ist Artikel 4 des Wasserbaugesetzes zu verstehen. Er fordert, dass ökologische Defizite bei allen Eingriffen soweit wie möglich behoben werden müssen. Der Bund verfolgt diese neue Hochwasserschutzphilosophie seit 1993 (Neues Wasserbaugesetz).

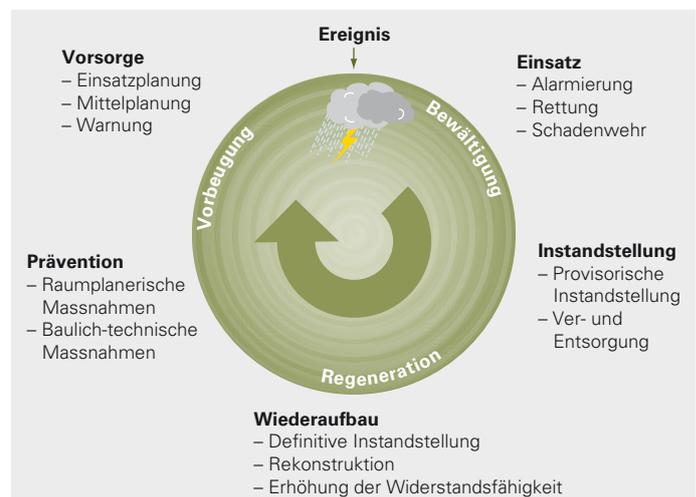
Absolute Sicherheit ist nicht zu erreichen. Eine Grundvoraussetzung für Hochwasserschutzprojekte sind die Kenntnisse über mögliche Gefahren. Im Anschluss an die Ursachenanalyse der Unwetter von 1987 wurden verschiedene Arbeitshilfen und Empfehlungen publiziert: das Falblatt «Anforderungen an den Hochwasserschutz 1995», die Empfehlung «Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten 1997» und die Wegleitung «Hochwasserschutz an Fliessgewässern 2001». Sie legen die aktuelle Strategie des Bundes umfassend dar [2–4]. Dass mit einer Empfehlung allein jedoch noch nichts umgesetzt ist, zeigt der aktuelle Stand der Gefahrenkarten. 80% der Gemeinden in der

Schweiz sind von Hochwassern bedroht. Doch die Gefahren sind erst in 50% der Gemeinden bekannt und in 15% raumwirksam in die Nutzungsplanungen umgesetzt worden.

Zudem zeigt der Risikokreislauf (Abb. 1) des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz, dass es immer wieder Schadenereignisse geben wird und die absolute Sicherheit nicht gewährleistet werden kann. Eine entsprechende Vorbereitung auf den Ereignisfall ist notwendig und sinnvoll. Dem präventiven, proaktiven Handeln kommt dabei eine grosse Bedeutung zu.

1995 wurde die neue Philosophie des differenzierten, ganzheitlichen Hochwasserschutzes am Fallbeispiel der Engelberger Aa der Fachwelt vorgestellt, und in den letzten 10 Jahren wurden weitere Projekte nach den neuen Grundsätzen realisiert. Praxisorientierte Forschungsarbeiten im Rahmen des Rhone-Thur-Projekts sollten helfen, den nachhaltigen Hochwasserschutz weiter zu entwickeln und ganzheitliche Lösungen zu fördern sowie eine Erfolgskontrolle der ausgeführten Projekte zu ermöglichen. Aufgrund dieser Arbeiten sowie der Analyse weiterer Ereignisse ist es möglich, die Tauglichkeit der aktuellen Hochwasserstrategie zu überprüfen.

Abb. 1: Integrales Risikomanagement [nach 1].





Schweizer Luftwaffe

Abb. 2: Die Engelberger Aa in der Ebene zwischen Ennetbürgen und Buochs während des Hochwassers im Jahr 2005. Pfeile bezeichnen 2 der 3 Entlastungsstellen, an denen das Hochwasser die Ebene kontrolliert überfluten darf. Orange eingezeichnet ist der sich im Bau befindende Sekundärdamm.

Die Erfolgsfaktoren. Wie müssen bauliche Hochwasserschutzmassnahmen konzipiert sein, damit sie im Ereignisfall erfolgreich schützen? Wichtig ist, bereits bei der Planung eine Reihe von Faktoren zu bedenken:

- ▶ Wahl des verantwortlichen Planers: interdisziplinäres Planerteam, ein Schlüsselentscheid der Bauherrschaft;
- ▶ ganzheitlich vernetzte Planung zur Lösung der komplexen Aufgaben: eine Systembetrachtung ist zwingend notwendig, damit lokal richtig gehandelt werden kann;
- ▶ Raum für Sicherheit und ökologische Anliegen: Abflusskapazität und Strukturvielfalt;
- ▶ Berücksichtigung des Überlastfalls: wichtig sind robuste, überlastbare und anpassbare Schutzbauten;
- ▶ sekundäre Massnahmen ausserhalb der Gewässer: sie begrenzen verbleibende Risiken z.B. durch Terrainanpassungen, Ausweitung von Entlastungskorridoren;
- ▶ partizipativer Planungsprozess zur breiten Abstützung des Projekts;
- ▶ Priorisierung der Massnahmen: mit den begrenzten Mitteln ein Maximum an Wirkung erzielen;
- ▶ genügend Zeit für sorgfältige Planung.

Die heutige Planung von Schutzbauten ist ein iterativer Prozess, bei dem die Auswirkungen der verschiedenen Lösungsansätze abgeschätzt werden. Realisiert wird die Variante, die aus ganzheitlicher Sicht als optimal angesehen wird (Bestvariante). Nachhaltigkeit ist

hier das Stichwort. Es geht nicht nur um die Maximierung der Sicherheit, sondern um die Erarbeitung einer verhältnismässigen Lösung, die künftigen Veränderungen angepasst werden kann und die sich im Ereignis- oder Überlastfall robust verhält. Wichtig bei der Variantenwahl ist die Berücksichtigung der Lebens- und Funktionsdauer der Schutzbaute sowie des Erneuerungsbedarfs.

Sicherer Umgang mit Unsicherheiten – Fallbeispiel Engelberger Aa.

Der Kanton Nidwalden folgte mit seinem Hochwasserschutzprojekt an der Engelberger Aa der Idee des differenzierten Hochwasserschutzes. Dort werden Überflutungen nicht um jeden Preis verhindert. Stattdessen ist der Schutzgrad auf den Wert und die Bedeutung der zu sichernden Objekte abgestimmt. Daher werden in erster Priorität das Gebiet ab Dallenwil und die Stanser ebene mit den Orten Stans, Stansstaad, Ennetbürgen und Buochs durch Hochwasserschutzmassnahmen besser abgesichert. Dagegen wird die Überflutung landwirtschaftlich genutzter Flächen als tolerierbar erachtet. Der Leitgedanke des an der Engelberger Aa umgesetzten Schutzkonzeptes ist, ausgewählte Gebiete kontrolliert zu überfluten. An drei Stellen darf das Hochwasser über den Damm treten und wird auf offenem Gelände dem Vierwaldstättersee zugeleitet, ohne dass an Gebäuden und Siedlungen Schaden entsteht (Abb. 2).

Die verbleibenden Risiken werden durch raumplanerische Massnahmen minimiert: ein durch Terrainanpassungen definierter

Entlastungskorridor darf künftig nicht überbaut werden. Bauherren werden darauf hingewiesen, mit welchen Objektschutzmassnahmen sie sich gegen die Restgefährdung wappnen können (Abb. 3). Neben der gezielten Steuerung des Abflussverhaltens wurden die Dämme den heutigen geotechnischen Anforderungen entsprechend saniert. Gerinneverbreiterungen verbesserten die Abflusskapazität und gleichzeitig die Strukturvielfalt der Engelberger Aa wesentlich. Dadurch mussten allerdings sieben Brücken angepasst werden. Schliesslich wird die Längsnetzwerk schrittweise wiederhergestellt, damit die Seeforelle ihre Laichgründe wieder erreichen kann.

Das Hochwasser im Jahr 2005 bestätigte die Zweckmässigkeit des realisierten Hochwasserschutzkonzepts vollständig. Mit einer Investition von 26 Mio. Franken wurde ein Schaden von weit über 100 Mio. Franken vermieden. Klar wurde auch, dass durch einfache Ergänzungen, insbesondere durch sekundäre Massnahmen ausserhalb des Gewässers, die Sicherheit weiter verbessert werden kann.

Vorausdenken und dynamisch handeln. In der Wirtschaft versucht man, sich mit der «Strategie der dynamischen Fähigkeiten» an Marktveränderungen anzupassen, um so das Überleben eines Unternehmens zu sichern. Hier ergeben sich gewisse Analogien zum Bereich der Naturgefahren, wo sich die Rahmenbedingungen auch relativ schnell ändern können. Volkswirtschaftlich vorteilhaft sind Lösungen, die mit minimalem Aufwand eine maximale Reduktion des Schadens erzielen und eine möglichst grosse Flexibilität in der Anpassung an Veränderungen bei möglichst geringen Folgekosten aufweisen. In einer Zeit erhöhter Unsicherheiten, ausgelöst z.B. durch die Klimaänderung, gewinnen dynamische Fähigkeiten klar an Bedeutung. Zudem sollte man nicht nur die hydrologischen Rahmenbedingungen, sondern auch die Nutzungsinteressen als dynamische Grössen betrachten. Deshalb muss die zeitliche und örtliche Entwicklung zukunftsorientiert gesteuert werden. In Risikoräumen, die sich nur mit grossem Aufwand oder gar nicht sichern lassen, sollten keine weiteren Risiken aufgebaut werden. Sie sind von Nutzungen möglichst frei zu halten. Stattdessen sollten die gut gesicherten Flächen weiter entwickelt werden. Gemeinsam mit der Wissenschaft müssen wir unvoreingenommen über eine Reihe von Fragen nachdenken: Wie verändert sich unser Lebensraum? Wie beeinflusst die Klimaerwärmung unsere Umwelt? Wie verändert sich die Gefahrensituation? Wie könnten wir unsere Landschaft durch gezielte Umgestaltung sicherer machen? Gefragt sind innovative Zukunftsszenarien und Handlungsoptionen.

Leitgedanken für den zukünftigen Hochwasserschutz. Der Hochwasserschutz wird immer komplexer. Wie können wir dieser Herausforderung begegnen? Einige Leitgedanken:

- ▶ Integrales Risikomanagement: Nur das Ausschöpfen aller Handlungsmöglichkeiten erhöht die Sicherheit des Lebensraums und minimiert die Schäden. Wichtig: Die heute noch sektoriell arbeitenden Institutionen müssen koordiniert handeln.
- ▶ Vom reaktiven zum aktiven und proaktiven Handeln: Prognosen gehen davon aus, dass infolge von Klimaänderungen nicht alle heute intensiv genutzten Gebiete fortan auch weiter uneinge-



Abb. 3: Bei Hochwasser an der Engelberger Aa wird das Kraftwerk Dallenwil durch zusätzlichen lokalen Objektschutz gesichert.

schränkt nutzbar bleiben. Das zukünftige Risikomanagement muss daher neben bestehenden Aspekten auch potentielle Änderungen der Rahmenbedingungen (z.B. auch Nutzungsänderungen) einbeziehen. Das Udenkbare muss gedacht werden und es gilt differenzierte Massnahmenkonzepte zu entwickeln.

- ▶ Abflusskorridore und Rückhalteräume bereitstellen: Dadurch kann die Sicherheit bei extremen Ereignissen bedeutend verbessert und die unkontrollierte Zunahme des Schadenpotenzials vermieden werden.
- ▶ Wirksame Massnahmen fördern: Seit Einführung der «Neuen Aufgabenteilung und des Finanzausgleichs» stehen wirksame Massnahmen noch stärker im Vordergrund. Zur Förderung nachhaltiger Projekte wird zurzeit auf Bundesebene ein Anreizsystem entwickelt.
- ▶ Stärkung der Aus- und Weiterbildung: Ein effizienter Wissenstransfer stellt die Fachkompetenz sicher. Alle Planer von Hochwasserschutzmassnahmen müssen mit den möglichen Naturgefahren vertraut sein.
- ▶ Interdisziplinäre, praxisorientierte Forschung: Bei der künftigen Förderung von Hochwasserschutzprojekten steht die Wirksamkeit der Schutzmassnahmen im Zentrum. Daher gilt es die Indikatoren weiter zu entwickeln, mit denen der Erfolg eines Projekts bewertet wird. ○ ○ ○

- [1] Nationale Plattform Naturgefahren Planat (2003): Strategie Naturgefahren Schweiz. Bern, 88 S. www.planat.ch/ressources/planat_product_de_543.pdf
- [2] BWW, BUWAL, BRP (1997): Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten, 32 S. www.bwg.admin.ch/themen/natur/d/pdf/804201d.pdf
- [3] BWG (2001): Hochwasserschutz an Fließgewässern, Wegleitung. www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/publikationen
- [4] BUWAL, BWG (2003) Leitbild Fließgewässer Schweiz, Für eine nachhaltige Gewässerpolitik, Bern, 12 S. www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/publikationen



Marc Zaugg Stern,
Sozialgeograph,
Universität Zürich
Koautor: Markus Host-
mann, Eawag.

Vom Expertenentscheid zum Risikodialog

Die Umsetzung nachhaltiger Hochwasserschutzprojekte ist ein äusserst komplexer Prozess. Er erfordert eine detaillierte Analyse des Projektkontexts und den Einbezug aller Akteure. Als Entscheidungshilfe dient das im Rhone-Thur-Projekt erarbeitete Handbuch «Wasserbauprojekte gemeinsam planen».

Der technische Hochwasserschutz an Fliessgewässern war bis in die 1980er Jahre auf Flusskorrekturen und Landgewinn ausgerichtet – eine Folge der Anforderungen und Bedrohungen, die sich der stark wachsenden Industriegesellschaft des 19. Jahrhunderts stellten. Seit den 1950er Jahren zeigten sich jedoch immer mehr negative ökologische Auswirkungen. 98% der Kleinstgewässer verschwanden und die Fläche der Auengebiete, früher 3% der Gesamtfläche der Schweiz, reduzierte sich auf ein Viertel Prozent. Die «bedrohliche Natur» wurde durch Verbauung und Kanalisierung der Fliessgewässer in eine «bedrohte Natur» verwandelt – ein Prozess, der durch verschiedene politische Protestbewegungen problematisiert wurde [1–3].

Vom technischen zum nachhaltigen Hochwasserschutz. Doch der technische Hochwasserschutz wirkte sich nicht nur negativ auf die ökologische Integrität der Fliessgewässer aus: Vergrösserte Abflussmengen, der Verlust an Retentionsräumen, die Entwicklung

und Bebauung von Siedlungen oder Infrastrukturanlagen in Hochwassergefahrenzonen bildeten die Grundlage für ein kontinuierlich anwachsendes Risiko- und Schadenpotenzial. Hinzu kam, dass Siedlungs- und Landwirtschaftsflächen unabhängig vom Schadenpotenzial im selben Masse vor Hochwasser geschützt wurden. Dies führte zu enormen Kosten für die öffentliche Hand, die verantwortlich für den Bau und Unterhalt der Wasserbauwerke ist.

In den 1970er Jahren setzte deshalb – vor dem Hintergrund des ökologischen Diskurses – der «Philosophiewandel» im schweizerischen Wasserbau ein. Der Wasserbau entwickelte sich von einem primär technologieorientierten Sektor weiter zu einem Expertensystem, das der Idee der Nachhaltigkeit verpflichtet ist (Abb. 1). Nachhaltiger Hochwasserschutz zielt ab auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen dem Hochwasserschutz einerseits und dem Schutz von Gewässern und angrenzenden Gebieten wie etwa Auenlandschaften andererseits. Anstelle der harten Verbauung soll den Fliessgewässern wieder mehr Raum zugestanden werden.

Abb. 1: Der Wandel vom technischen zum nachhaltigen Hochwasserschutz [3].

Jahr	1960	1970	1980	1990	2000
Einflussfaktoren		Ökologischer Diskurs	Hochwasser der 70er, 80er und 90er Jahre	Debatten über die Kosten des Hochwasserschutzes	Debatten über den effizienten Einsatz staatlicher Mittel Nachhaltigkeitsdiskussion
Ziele	«technischer» Hochwasserschutz			«nachhaltiger» Hochwasserschutz	
	vollständiger Hochwasserschutz, Ausweitung der landwirtschaftlichen Produktion und Bekämpfung von Krankheiten			nachhaltiger Hochwasserschutz, Erhaltung und Förderung des naturnahen Zustandes der Gewässer	
Ausprägung	kostenintensiv, gleicher Schutz für alle Objekte			kosteneffizient, an differenzierte Schutzziele angepasst	
Landschaftsbild	kanalisierte Fliessgewässer			Fliessgewässer mit ausreichend Raum	
Ausbauart	starre, uniforme und zumeist naturferne Verbauungen			angepasste, wenn möglich naturnahe Verbauungen	
Entscheidungsfindung	«technokratisch», primär auf Expertenwissen beruhend, intransparenter Einbezug anderer Interessen			auf Expertenwissen beruhend, unter transparenten Einbezug divergierender sozialer Interessen	



Dialog konkret – Problemdefinitionen, Zielsetzungen und Massnahmen werden gemeinsam erarbeitet.

Wesentliche Elemente des nachhaltigen Hochwasserschutzes sind zudem die Koordination mit angrenzenden Sektoralpolitiken wie etwa dem Naturschutz, der Landwirtschaft und der Raumplanung sowie der Einbezug der Öffentlichkeit bei konkreten Projekten.

Ein entscheidender Prozess bei heutigen Hochwasserschutzprojekten ist die Ausweisung differenzierter Schutzziele. Es geht vermehrt darum, die komplexen Infrastrukturanlagen in den Bereichen Verkehr und Kommunikation zu schützen. Dagegen nimmt der Schutz landwirtschaftlicher Flächen ab, weil die schweizerische Nahrungsmittelproduktion an Relevanz verliert. Der nachhaltige Hochwasserschutz, dessen Umsetzung auf situationsspezifischen Abwägungen zwischen den Anliegen von Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt beruht, wurde in den 1990er Jahren in der eidgenössischen Wasserbaugesetzgebung und in den entsprechenden Politiken verankert.

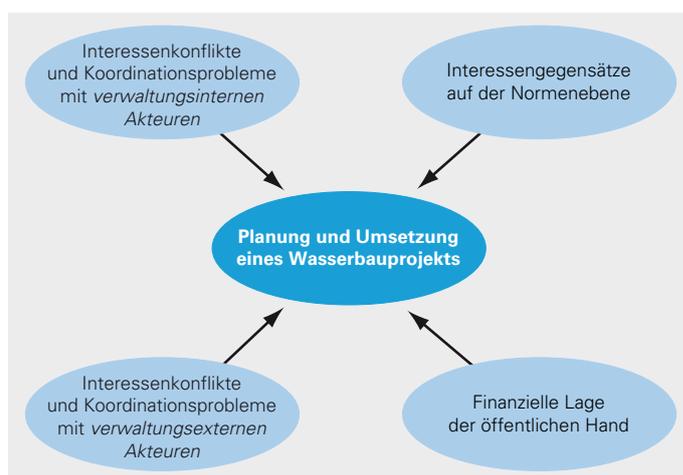
Herausforderungen beim nachhaltigen Hochwasserschutz. Die Ziele und Grundsätze des nachhaltigen Hochwasserschutzes umzusetzen, ist eine komplexe Herausforderung, bei der vier Problemfelder ineinander spielen (Abb. 2) [4] :

► Normengegensätze: In mehreren Kantonen weisen die Normen, «Philosophien» oder Zielsetzungen der verschiedenen angrenzenden Politikbereiche – z.B. Naturschutz, Grundwasserschutz, Trinkwasserversorgung – in sich Interessengegensätze auf. Dies

macht eine komplexe Abwägung zwischen den Interessen verschiedener Fachstellen nötig.

► Verwaltungsinterne Zusammenarbeit: Verschiedentlich sind Fachstellen aus unterschiedlichen Politikbereichen (noch) nicht

Abb. 2: Vier Problemfelder für Wasserbauprojekte [4].



gewohnt oder bereit, sich auf Prozesse der Interessenabwägung einzulassen.

► **Zusammenarbeit mit verwaltungsexternen Akteuren:** Am häufigsten wehren sich verwaltungsexterne Akteure gegen Wasserbaumassnahmen, die die Landwirtschaft und Siedlungsentwicklung lenken oder einschränken. Die Akteure können dabei von politischen Vertretern unterstützt oder sogar instrumentalisiert werden.

► **Limitierte finanzielle Mittel:** Die finanzielle Situation der öffentlichen Hand schränkt den Wasserbau heute ein. Zwischen den finanzpolitischen Zielen und denjenigen des Wasserbaus bestehen Interessengegensätze. Das vorrangige Ziel, den Hochwasserschutz durch den Unterhalt der Wasserbauten zu gewährleisten, ist angesichts der schwierigen finanziellen Situation der Gemeinden schwer umzusetzen. Dies obwohl der nachhaltige Unterhalt und Ausbau mittel- und langfristig Kosten reduziert.

Vollzugsschwierigkeiten zeigen sich besonders deutlich bei der angestrebten Umsetzung des «Raumbedarfs» für Fließgewässer. Im Siedlungsgebiet kollidiert die Sicherung des Raumbedarfs mit der Festlegung der Bauzonen. Gemeinden sehen ihre Entwicklungsmöglichkeiten eingeschränkt. Ausserhalb des Siedlungsraums wehren sich Bauern (teilweise unterstützt von Bauernverbänden oder kantonalen Landwirtschaftsämtern) gegen die Abgabe von Land oder gegen wasserbaulich oder ökologisch begründete Nutzungseinschränkungen. Die mangelnde Verfügbarkeit von Land in und ausserhalb der Siedlungszonen erschwert somit generell die Umsetzung des nachhaltigen Wasserbaus.

Entscheidfindung in einem komplexen Umfeld – einige Empfehlungen.

Durch den Philosophiewandel im Hochwasserschutz sind die Wasserbauexpertinnen und -experten zu «Moderatoren» eines komplexen Verhandlungsprozesses geworden. Am Prozess beteiligt sind unterschiedliche staatliche und zivilgesellschaftliche Akteure mit ihren jeweiligen Ressourcen: z.B. gesetzliche Normen, Expertenwissen oder politischer Einfluss [5]. Wesentliche Grundlagen zur erfolgreichen Moderation solcher Prozesse liegen in der vertieften und systematischen Beschäftigung mit dem Projektkontext und im angemessenen Einsatz von Entscheidungshilfen:

► **Kontextanalyse:** Neben der sorgfältigen Aufarbeitung der ingenieurtechnischen und naturwissenschaftlichen Entscheidungsgrundlagen sollte der politische, soziale und historische Kontext eines Projekts analysiert, ausgewertet und dokumentiert werden. Dazu gehört, alle wichtigen Rahmenbedingungen wie etwa gesetzliche Normen oder betroffene Interessen und Akteure zu identifizieren.

► **Einbezug der Akteure:** Basierend auf der Kontextanalyse können die Projektverantwortlichen die Zusammenarbeit mit unterschiedlichen Akteuren angemessen planen. Dabei sollten Kommunikationsplattformen gewählt werden, die der Heterogenität der beteiligten und interessierten Akteure angemessen sind. Es empfiehlt sich, mit den direkt Betroffenen frühzeitig persönliche Gespräche zu führen. Diese Akteure sind über Arbeitsgruppen in den Planungs- und Umsetzungsprozess einzubeziehen. Die breite Bevölkerung muss ebenfalls früh und regelmässig informiert sowie in mündlichen oder schriftlichen Interviews befragt werden. Durch den Einsatz von verwaltungsinternen Koordinationsinstrumenten

können Ziel- oder Interessenkonflikte zwischen verschiedenen Politiken und Fachstellen frühzeitig erkannt werden [4].

► **Einsatz von Entscheidungshilfen:** Formale Entscheidungshilfen können die Prozesse der Meinungs- und Entscheidungsfindung unterstützen. Sie ermöglichen es beispielsweise, gemeinsam mit den involvierten Akteuren verschiedene Varianten zu vergleichen. Dabei werden Konflikte zwischen unterschiedlichen Interessenspositionen erkannt und Konsenslösungen gefunden [6]. Zudem zeigen die Entscheidungshilfen auf, wie sich verschiedene Wasserbauvarianten auf wichtige Zielbereiche wie «Ökologie» und «lokale Wirtschaft» auswirken.

Die Grundlagen und dazugehörige Methoden der Entscheidungsfindung werden im Detail im Handbuch «Wasserbauprojekte gemeinsam planen» vorgestellt [7]. Dieses Handbuch wurde im Rahmen des Rhone-Thur-Projekts erarbeitet.

Faire und transparente Verfahren. Wasserbauliche Zielsetzungen und Massnahmen sind heute Bestandteil einer umfassenden Raumordnungspolitik, die auch die Landwirtschaft, den Gewässerschutz oder die Naherholung einbeziehen. Diese neuen Ansprüche an Projektierung und Umsetzung von Wasserbauprojekten bedingen den Einsatz neuer Methoden und Instrumente in den Bereichen Wissens- und Schnittstellenmanagement sowie Entscheidungsunterstützung. Sie ermöglichen – entsprechend den Grundsätzen der nachhaltigen Entwicklung –, in einem fairen und transparenten Verfahren zwischen den verschiedenen Interessen abzuwägen. Basierend auf den neuen Methoden können Wasserbaufachleute die Verfahren angemessen moderieren und bleiben trotzdem handlungs- und beschlussfähig. ○ ○ ○

- [1] Walter F. (1996): Bedrohliche und bedrohte Natur. Umweltgeschichte der Schweiz seit 1800. Zürich: Chronos.
- [2] Speich D. (2003): Helvetische Meliorationen. Die Neuordnung der gesellschaftlichen Naturverhältnisse an der Linth (1783–1823). Zürich: Chronos.
- [3] Zaugg Stern M. (2006): Philosophiewandel im schweizerischen Wasserbau. Zur Vollzugspraxis des nachhaltigen Hochwasserschutzes. Schriftenreihe Humangeographie, Bd. 20. Zürich: GIUZ.
- [4] Zaugg M., Ejderyan O., Geiser U. (2004): Normen, Kontext und konkrete Praxis des kantonalen Wasserbaus. Resultate einer Umfrage zu den Rahmenbedingungen der kantonalen Ämter oder Fachstellen für Wasserbau bei der Umsetzung der eidgenössischen Wasserbaugesetzgebung. Schriftenreihe Humangeographie, Bd. 19. Zürich: GIUZ.
- [5] Kienast F., Peter A., Geiser U. (2004): Wasserbauer werden zu Moderatoren. In: Kommunalmagazin, 2004, 10., S. 14–17.
- [6] Hostmann M. (2005): Decision Support for River Rehabilitation. Diss. ETH Zurich Nr. 16136. 170 p.
- [7] Hostmann M., Buchecker M., Ejderyan O., Geiser U., Junker B., Schweizer S., Truffer B., Zaugg Stern M. (2005): Wasserbauprojekte gemeinsam planen. Handbuch für die Partizipation und Entscheidungsfindung bei Wasserbauprojekten. Dübendorf: Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ.

Revitalisierungen mit ökologischen Indikatoren bewerten



Klement Tockner, Biologe, Wissenschaftler in der Abteilung «Aquatiscche Ökologie» der Eawag

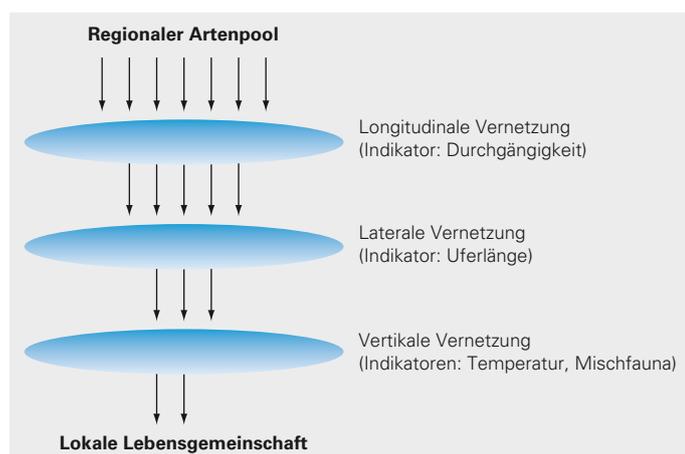
Fließgewässerrevitalisierungen liegen weltweit im Trend und sind derzeit ein boomendes Geschäft. Doch tragen Revitalisierungen überhaupt zu einer nennenswerten ökologischen Aufwertung von Gewässern bei? Dies wird mit Hilfe ökologischer Indikatoren beurteilt.

Klare ökologische Standards sind die Voraussetzung für den Erfolg einer Revitalisierung. Sie sollen jedem Projekt zugrunde liegen [1, 2]:

- ▶ Es gibt ein ökologisch orientiertes Leitbild.
- ▶ Der ökologische Zustand wird messbar verbessert.
- ▶ Das Ökosystem erreicht ein grösseres natürliches Regenerationspotenzial, indem die so genannte ökologische Integrität erhöht wird.
- ▶ Es wird eine ökologische Erfolgskontrolle durchgeführt.

Das wesentliche Ziel von Revitalisierungsmassnahmen ist die nachhaltige Verbesserung der ökologischen Integrität eines Ökosystems. Darunter versteht man die Fähigkeit eines Ökosystems, seine Struktur und Funktionsfähigkeit gegenüber natürlichen Störereignissen wie Hochwasser und Austrocknung zu erhalten. Da es kaum möglich ist, die Integrität eines Flusses oder einer Auenlandschaft unmittelbar zu messen, benötigen wir Indikatoren. Sie werden dann verwendet, wenn komplexe Zustände eines Ökosystems und deren relevante Prozesse nicht direkt erfasst werden können.

Abb. 1: Das Umweltfiltermodell.



Mit ökologischen Indikatoren die Revitalisierungsziele bewerten. Mit dem kürzlich im Rahmen des Rhone-Thur-Projekts erschienenen Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen liegt jetzt erstmals ein anwenderfreundlicher Leitfaden für die Erfolgskontrolle vor [3]. Dieses Handbuch enthält 45 ökologische Indikatoren, mit denen sowohl die strukturellen als auch die funktionellen Eigenschaften eines Fließgewässers erfasst und bewertet werden können. Für die Entwicklung und richtige Interpretation dieser Indikatoren ist jedoch fundiertes ökologisches Wissen unabdingbar.

Als Beispiel mag die biologische Vielfalt eines Gewässerabschnitts dienen. Fische, Wirbellose und Algen werden häufig zur Bewertung herangezogen. Was aber bestimmt deren lokale Vielfalt? Sie ist das Resultat aus:

- ▶ dem vorhandenen Gesamtartenpool im Einzugsgebiet,
- ▶ der hierarchischen Anordnung so genannter Umweltfilter (das sind die spezifisch wirkenden Umweltbedingungen wie z.B. Klima, Gewässertyp, Vernetzungsgrad), sowie den
- ▶ Eigenschaften der einzelnen Arten, diese Filter zu «passieren» (das heisst diesen Umweltbedingungen standzuhalten; z.B. Mobilität, Ernährungsweise, Lebenszyklus).

Abbildung 1 zeigt das «Umweltfiltermodell» beispielhaft für die Umweltfilter longitudinale, laterale und vertikale Vernetzung. Zudem sind potenzielle Indikatoren angegeben, die eine Evaluation der jeweiligen Filter ermöglichen. Würde hier nur die vertikale Vernetzung durch Revitalisierungsmassnahmen erhöht werden, dagegen die Zuflüsse und die Uferbereiche unberücksichtigt bleiben, käme es trotzdem nicht zu einer Erhöhung der lokalen Artenvielfalt. Zwei weitere Beispiele zur Veranschaulichung des Filtermodells: In einem schwallbeeinflussten Fluss tragen Uferaufweitungen wenig zur Verbesserung der aquatischen wirbellosen Fauna bei, da die stark veränderte Hydrologie als übergeordnete Einflussgrösse etwaige positive Auswirkungen der morphologischen Aufwertung überlagert. Oder wenn im Unterlauf eines Fließgewässers ein Wehr die flussauf gerichtete Migration von Fischen verhindert, kann die Fischartenvielfalt im Oberlauf selbst durch optimale Habi-



Die Infrarokamera wurde am Helikopterboden montiert.

tatbedingungen nicht verbessert werden. Mehr Fischarten stellen sich erst ein, wenn der übergeordnete Umweltfilter (das Wehr) aus dem Weg geräumt, d.h. die longitudinale Vernetzung sichergestellt ist. Hier spiegelt sich ein weit verbreiteter Mythos in der Revitalisierungspraxis wider: «Es genügt, ein natürliches Fliessgewässer zu bauen, die Organismen werden sich schon ansiedeln».

Fliessgewässer als elastische Systeme:

Beispiel Refugien. Die Artensterberate ist in Fliessgewässern und Seen 5-mal höher als in terrestrischen Ökosystemen [4]. Deshalb ist die langfristige Sicherung der biologischen Vielfalt eines Gewässers eine wichtige Motivation für eine Revitalisierung. Entscheidend für eine hohe Biodiversität ist insbesondere die ausreichende Verfügbarkeit von Refugien, d.h. von Lebensräumen, aus denen eine Wiederbesiedlung nach einem Störereignis (Hochwasser, Trockenfallen, anthropogene Belastungen) erfolgen kann. Heute weiss man, dass sich die Verteilung und Nutzung von Refugien mit Art und Ausmass der Störung im Längsverlauf eines Flusses ändert. In Gebirgsbächen weichen Insektenlarven – aber auch Fische wie die Koppe (*Cottus gobio*) – bei Hochwasser in tiefere, vom Grundwasser beeinflusste Bereiche der Flussbettsedimente aus. Auch spielen naturnahe Zuflüsse eine wesentliche Rolle für die Wiederbesiedlung nach Murgängen oder Katastrophenhochwassern. In grösse-

Fotos: U. Uehlinger, Eawag



Abb. 2: Thuraufweitung bei Schöffäuli vom Helikopter aus gesehen. Der hervorgehobene Ausschnitt entspricht ungefähr dem Infrarotbild in Abb. 3.

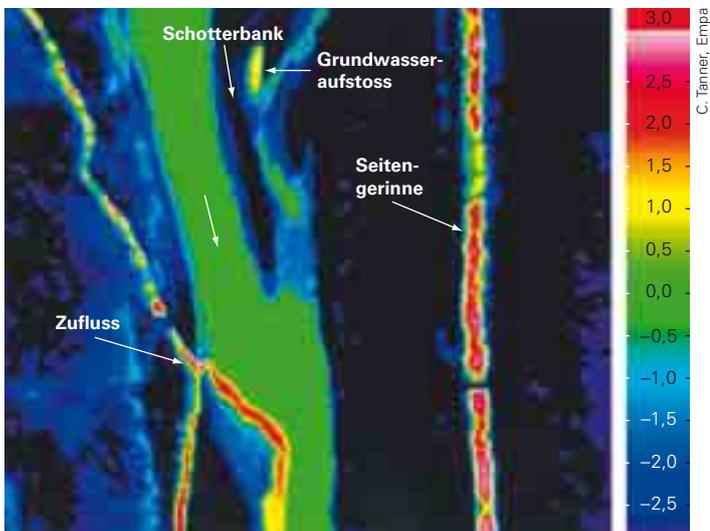


Abb. 3: Temperaturvariabilität in der Thur-Aufweitung bei Schöffäuli im Januar 2005. Die Infrarotaufnahme (Auflösung 1 m², Genauigkeit: 0,1 °C) entspricht ungefähr dem hervorgehobenen Ausschnitt in Abb. 2.

ren Flüssen hingegen verschiebt sich der Verteilungsschwerpunkt der wirbellosen Gewässerfauna bei Hochwasser in den Uferbereich. Ein Netzwerk an unregulierten Zuflüssen sowie eine gute Interaktion mit dem flussbegleitenden Grundwasser und den Uferzonen sichern somit langfristig die ökologische Integrität eines Fließgewässers. Daher sind die Anzahl naturnaher Zuflüsse, die Temperaturheterogenität als Mass für die Vernetzung zwischen Oberflächen- und Grundwasser (siehe Kasten und Abb. 2 + 3) und die Uferlänge indirekte Indikatoren für die Verfügbarkeit von Refugien und damit für die Beurteilung der ökologischen Integrität.

Flusslandschaften als vernetzte Lebensräume: Beispiel Gewässerufer. Fließgewässer sind «offene» Ökosysteme, die in enger Wechselwirkung mit angrenzenden terrestrischen und aquatischen Lebensräumen stehen. Der Uferzone als dynamischer Grenzbereich zwischen Gewässer und Umland kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Sie zeichnet sich durch eine vielfältige Fauna und Flora aus und ist ein Bereich, in dem sowohl aquatische als auch terrestrische Arten zu finden sind.

Ein Indikator für den Grad der lateralen Vernetzung ist die Uferlänge. Je länger die Uferlinie ist, desto stärker ist das Gewässer mit dem Umland vernetzt. In natürlichen Gewässern kann die Uferlänge bis zu 25 km pro Flusskilometer erreichen und die Verfügbarkeit der ufernahen Lebensräume bleibt trotz stark wechselndem Wasserstand hoch. In kanalisierten Abschnitten sinkt die Uferlänge auf 2 km pro Flusskilometer. Vorteilhaft am Indikator Uferlänge ist zudem, dass er sowohl an kleinen als auch an grossen Gewässern untersucht werden kann, und dass er sehr differenziert auf Änderungen der Hydrologie und Morphologie reagiert.

Darüber hinaus konnte man einen positiven Zusammenhang zwischen der Uferlänge und der Artenvielfalt von Jungfischen oder der Anzahl Brutpaare von Limikolen (Feuchtgebietvögel, z.B. der Flussregenpfeifer) nachweisen. Beispielsweise nimmt entlang des

Tagliamento, einem der letzten Wildflüsse im Alpenraum, die Dichte des Flussregenpfeifers mit der Uferlänge auf bis zu 22 Brutpaare je Flusskilometer zu.

Neu entwickelte Indikatoren testen. Im Rahmen des Handbuchs für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen wurde eine Reihe ökologischer Indikatoren neu entwickelt. Dazu gehören die Artenzahl und Dichte der terrestrischen Uferfauna, die Zusammensetzung und Besiedlung von Schwemmgut durch Organismen und die Verfügbarkeit von Refugien als Mass für das Potenzial der Wiederbesiedlung durch benthische Organismen. Diese Indikatoren müssen jetzt in der Praxis ausgetestet, kalibriert und adaptiert werden. Dazu möchten wir die Praktiker aus der Umweltverwaltung und aus Ingenieurbüros auffordern. ○ ○ ○

Indikator Temperatur

Eine Möglichkeit, sich einen Überblick über die Temperaturverhältnisse eines Fließgewässers zu verschaffen, ist der Einsatz einer Infrarotkamera. Abbildung 3 zeigt, dass in strukturierten Gerinnen, hier an der Thuraufweitung bei Schöffäuli, oft starke Temperaturunterschiede zwischen dem Hauptfluss und den Nebengerinnen bestehen. Das ist ein Hinweis auf die Verfügbarkeit von Refugien. So sind sensible Fischarten wie die Äsche und die Bachforelle im Sommer auf Kaltwasser- und im Winter auf Warmwasserrefugien (gelb bis rote Bereiche in Abb. 3) angewiesen. Dagegen ist die Temperatur im Hauptgerinne der Thur sehr einheitlich.

Neben einem wärmeren Zufluss ist auf dem Infrarotbild auch der Aufstoss von Grundwasser ersichtlich. Dies lässt darauf schliessen, dass die Interaktionen zwischen Grund- und Oberflächenwasser durch die Aufweitung teilweise wieder hergestellt werden konnten. Da es sich um eine Aufnahme vom Januar handelt, sind die grundwasserbeeinflussten Lebensräume wärmer als die Umgebungstemperatur. Grundwasseraufstösse und -zuflüsse verhindern im Winter das Zufrieren und schaffen im Sommer kühle Lebensräume.

- Palmer M.A. et al. (2005): Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology* 42, 208–217.
- Nakamura K., Tockner K., Amano K. (2006): River and wetland restoration: Lessons from Japan. *BioScience* (im Druck).
- Woolsey S. et al. 2005. Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen. Publikation des Rhone-Thur-Projekts. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ, 112 S.
- Bernhardt E.S. et al. (2005): Synthesizing U.S. River restoration efforts. *Science* 308, 636–637.

Gewässerdynamik und Hochwasserschutz: ein Widerspruch?



Anton Schleiss,
Bauingenieur ETH,
Professor für Wasserbau
an der EPF Lausanne.

Naturnahe Gewässer bieten dynamische, das heisst sich ständig verändernde Lebensräume. Mit innovativen Konzepten und der Nutzung möglicher Synergien lässt sich dieser Anspruch erfüllen, selbst wenn der verfügbare Raum beschränkt ist und sich bauliche Hochwasserschutzmassnahmen lokal nicht vermeiden lassen.

«Die Natur versteht gar keinen Spass, sie ist immer wahr, immer ernst, immer streng; sie hat immer recht, und die Fehler und Irrtümer sind immer die des Menschen.» Dieses Zitat von Goethe wäre ein gutes Leitbild für den Wasserbauer, der die Aufgabe hat, Hochwasserschutzmassnahmen an Flüssen zu planen. Denn nur solche Schutzbauten, die den natürlichen Charakter eines Gewässers beibehalten, gewährleisten eine verlässliche Sicherheit gegen Hochwasser. Neuzeitlicher Flussbau muss sich deshalb an den Kräften und dem natürlichen Verhalten eines Flusses orientieren. Eine erzwungene Begradigung eines natürlich entstandenen Mäanders beispielsweise kann gefährlich sein. Spätestens bei einem extremen Hochwasser erinnert sich der scheinbar gebändigte Fluss und erobert den ihm eigentlich zustehenden Raum zurück.

Gewässerdynamik und Flusskorrekturen. «Die Welt ist wie ein Strom, der in seinem Bette fortläuft, bald hie, bald da zufällig Sandbänke ansetzt und von diesen wieder zu einem anderen Wege genötigt wird. Das geht alles so hübsch und bequem und nach und nach, dagegen die Wasserbaumeister eine grosse Not haben, wenn sie diesem Wesen entgegenarbeiten wollen.» Bereits Goethe erkannte dass die Gewässerdynamik mit Flusskorrekturen nur bis zu einem bestimmten Grad zu beherrschen ist. Dynamik kennzeichnet eine räumlich und zeitlich variierende Gewässermorphologie infolge Hochwasserabflüsse und Geschiebetransport. Dadurch werden regelmässig Lebensräume insbesondere im Uferbereich zerstört und Raum für neue geschaffen. Dynamische Gewässer beanspruchen viel Raum. Beispielsweise verlagern natürlich mäandrierende Ge-

Abb. 1: Verlauf der Reuss mit drei Mäandern in Gurtellen-Wiler vor dem Hochwasser 1987.



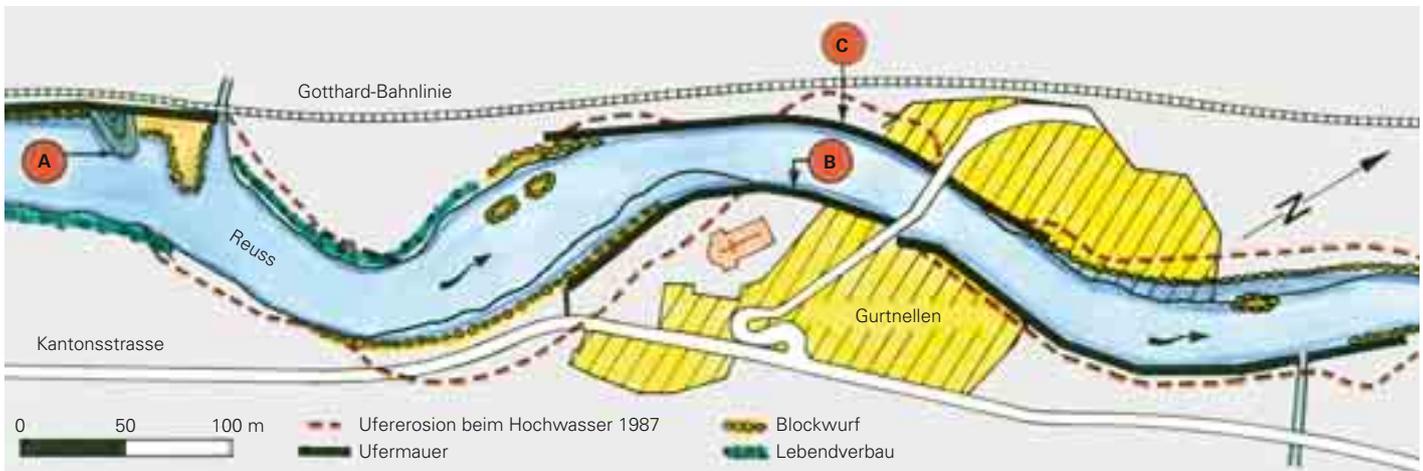


Abb. 2: Ufererosionen beim Hochwasser 1987 in Gurtellen-Wiler und realisierte Massnahmen (A, B, C) für den Hochwasserschutz.

wässer ihr Bett in einem seitlichen Pendelband, das etwa der fünf- bis sechsfachen Gerinnesohlenbreite entspricht [1]. Natürliche Seitengewässer können dieses Pendelband noch vergrössern, indem sie den Hauptfluss auf die gegenüberliegende Talseite drängen. Deshalb benötigten die Fliessgewässer in den Tälern der Alpen und Voralpen ursprünglich den gesamten Talboden.

Neben dem Hochwasserschutz sollten die Gewässerkorrekturen der letzten beiden Jahrhunderte mehr Raum für Siedlungen und Landwirtschaft schaffen. Die Gewässerdynamik wurde deshalb unterbunden. Flüsse und Bäche wurden kanalisiert und die Gerinnesohlenbreiten hinsichtlich Geschiebetransport optimiert. Es entstanden monotone Fliessgewässer mit nahezu konstanten hydraulischen und morphologischen Eigenschaften.

Konstruktiver Hochwasserschutz und Revitalisierungen. «Das Wasser ist ein freundliches Element für den, der damit bekannt ist und es zu behandeln weiss.» Aus diesem Goethe-Zitat lernen wir, dass sich konstruktiver Hochwasserschutz (damit sind bauliche

Massnahmen gemeint) an der genauen Kenntnis der während eines Hochwassers ablaufenden Prozesse und an der Gewässerökologie orientieren muss. Nur so können die Eingriffe minimiert werden. Trotzdem reduzieren Wasserbauten zwangsläufig die Gewässerdynamik.

Revitalisierungsmassnahmen bezwecken, dem Gewässer eine möglichst hohe Dynamik und damit einen grossen Strukturreichtum zurückzugeben. Dies ist nur möglich, wenn die flussbaulichen Massnahmen eine variable Strömungsvielfalt zulassen [2], die sich wiederum positiv auf die Artenvielfalt des Gewässers auswirkt. Selbst ein unvermeidbarer Blockwurf in einem nahezu geraden Gewässerabschnitt sollte geschlängelt ausgebildet werden, da dadurch die Strömungsvielfalt zunimmt [3]. Strukturreichtum ist immer das Resultat einer minimalen Gewässerdynamik, die z.B. regelmässig Geschiebe im Gerinne umlagert und lokale Ufererosionen verursacht.

Beispiel Gurtellen-Wiler: Synergien zwischen naturnahem Gewässerausbau und Hochwasserschutz.

Die Gemeinde Gurtellen-Wiler wurde 1987 vom Hochwasser im Reusstal besonders hart betroffen. Die Reuss beschreibt drei Mäander (Kurven) in Gurtellen (Abb. 1). Bei starkem Hochwasser erodieren Sohle und Ufer, was die Mäanderbögen vergrössert. Dies war die Ursache für die katastrophalen Schäden (Abb. 2). Als eine der ersten Anwendungen der neuen Hochwasserschutzphilosophie in der Schweiz wurde trotz der immensen Zerstörungskraft der Reuss ein naturnaher Gerinneausbau unter Beibehaltung der ursprünglichen Linienführung gewählt [4]. Mit drei Hauptschutzelementen (A, B, C in Abb. 2) gelang es, die Mäander – selbst bei extremen Abflüssen – zu fixieren [5]:

- Erhöhung eines bestehenden Felssporns kombiniert mit einer künstlichen Halbinsel (A): Damit wird der oberste Mäander der Reuss fixiert und das Wasser optimal in die unteren Mäander eingeleitet. Die Oberfläche des neuen Sporns wurde felsähnlich bzw. naturnah gestaltet, so dass sich innert kürzester Zeit mehrere geschützte Pflanzen darauf festsetzten (Abb. 3).

Abb. 3: Künstlicher Felssporn zur Fixierung der Mäander in Gurtellen-Wiler.



Fotos: A. Schieiss, EPFL

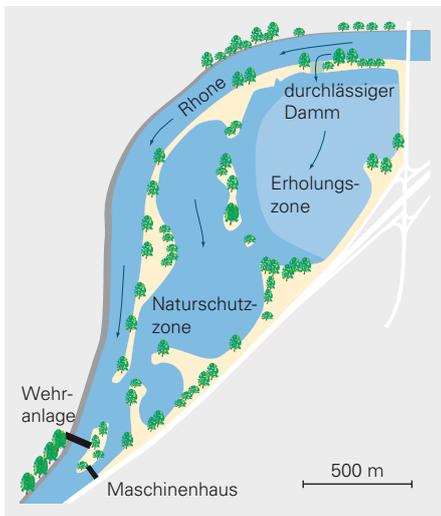


Abb. 4: Generelle Anordnung und Elemente einer wasserwirtschaftlichen Mehrzweckanlage an der Rhone.

► Verdeckte Schutzmauer oberhalb der Kirche (B): Die vom künstlichen Felssporn umgelenkte Strömung trifft am Gegenufer auf eine überschüttete Stützmauer. Sie schützt das Dorf im Bereich der Kirche und führt die Reuss optimal in die nächste Kurve.

► Gekrümmte Ufermauer oberhalb der Dorfbrücke (C): Die entlang der Gotthardbahnlinie verlaufende Ufermauer fixiert den untersten Reussmäander. Die Krümmung der Mauer wurde im hydraulischen Modell so optimiert, dass die historische Bogenbrücke erhalten werden konnte.

Durch diese Massnahmen wurde der natürliche Gebirgsflusscharakter der Reuss erhalten und das Dorfbild von Gurtellen-Wiler aufgewertet.

Synergien bei Mehrzweckprojekten. Wasserwirtschaftliche Projekte wie Hochwasserschutzprojekte, Wasserkraftanlagen und Flussrevitalisierungsvorhaben lassen sich heute kaum mehr als Einzweckprojekte realisieren, da die Interessenkonflikte oft unüberwindbar sind und die Finanzierung auf Schwierigkeiten stösst. Daher sind solche Projekte unter Einbezug möglichst vieler Interessen auf eine ganzheitliche und nachhaltige Basis zu stellen. Dies kann im Rahmen innovativer Mehrzweckprojekten geschehen, die mehrere Interessen und Ziele befriedigen (Abb. 4).

Die Rhone wurde wie die meisten Alpenflüsse im letzten Jahrhundert korrigiert und kanalisiert. Heute steht sie im Spannungsfeld zwischen dem Hochwasserschutz und den verschiedensten Nutzungsinteressen wie Landwirtschaft, industrielle Tätigkeiten, Stromerzeugung durch Wasserkraft, Naturschutz und Naherholung.

In diesem Zusammenhang ist die 3. Rhonekorrektur zu sehen, deren Realisierung sich über mehrere Generationen erstrecken wird. Darin sind ganzheitliche und nachhaltige Mehrzweckprojekte von grossem Interesse [6]. Im Rahmen des Forschungsprojekts SYNERGIE analysiert ein interdisziplinäres Team aus Wasserbau- und Umweltingenieuren sowie Architekten sämtliche technischen, ökologischen und sozioökonomischen Einflussparameter und deren Wechselwirkungen für ein Mehrzweckprojekt an der Rhone. Es

könnte Synergien zwischen folgenden Zielsetzungen bewirken (Abb. 4):

- Hochwasserschutz: Verringerte Abflussspitzen durch Rückhalt und kontrollierte Bewirtschaftung von Überflutungsflächen.
- Ökologische Abflussregulierung: Eliminierung schädlicher Schwall/Sunk-Erscheinungen.
- Schaffung neuer Biotope: Flachwasserzonen, Vogelreservate, periodisch überflutete Vegetationsflächen.
- Naherholungszone: Wassersport, Wander- und Reitwege, Freizeitfischerei, zusätzlicher Flussübergang.
- Wasserkraftnutzung: Bandenergieproduktion mit ökologischer Abflussregulierung, erneuerbare CO₂-emissionsfreie Energie.

Nachhaltige flussbauliche Massnahmen. «Das Wasser rauscht, das Wasser schwoll, ein Fischer sass daran.» Dieses Goethe-Zitat unterstreicht, dass ein dynamisches Fließgewässer sowohl wertvoller Lebens- als auch attraktiver Erholungsraum sein kann. Trotzdem, eine ungebändigte Dynamik kann den Bächen und Flüssen in den stark besiedelten Gebieten nicht mehr zurückzugeben werden. Die monoton korrigierten Fließgewässer weisen heute aber neben ökologischen Mängeln auch Hochwasserschutzdefizite auf, nicht zuletzt weil die Schutzbauten dem ursprünglichen Charakter des Gewässers oft zu wenig Rechnung tragen. Bei Hochwasser- und Revitalisierungsprojekten muss deshalb mit innovativen Lösungen im Rahmen des verfügbaren Raums versucht werden, dem Gewässer Dynamik und demzufolge Strukturereichtum zurückzugeben. Aber auch die anderen Interessen wie beispielsweise Naherholung, Landwirtschaft, Infrastrukturanlagen und Nutzung der Gewässer für erneuerbare Energieproduktion und Wasserversorgung sind zu berücksichtigen. Dies bedeutet, dass flussbauliche Massnahmen heute nicht nur im Dienste des Hochwasserschutzes, sondern auch zum Nutzen der Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft zu entwerfen und realisieren sind. ○ ○ ○

- [1] Bundesamt für Wasser und Geologie (2001): Hochwasserschutz an Fließgewässern, Wegleitung. BWG, Biel.
- [2] Schleiss A. (2005): Flussbauliche Hochwasserschutzmassnahmen und Verbesserung der Gewässerökologie – Vorschlag eines hydraulisch-morphologischen Vielfältigkeitsindex. Wasser Energie Luft 7/8, 195–200.
- [3] Schleiss A. (2000): Conception et dimensionnement des enrochements en rivière en montagne. Ingénieurs et Architectes Suisses – IAS, 23, 450–453.
- [4] Schleiss A., Bär H., Gmür A. (1992): Projektierung und Bau von Hochwasserschutzmassnahmen an der Reuss in Gurtellen-Wiler. Internationales Symposium Interpraevent, Bern, Tagungspublikation Band 5, 43–54.
- [5] Schleiss A. (1996): Flussbauliche Massnahmen an der Reuss zum Hochwasserschutz von Gurtellen. Wasser Energie Luft 5/6, 93–98.
- [6] Schleiss A. (2005): Mögliche Synergien zwischen Hochwasserschutz, Flussrevitalisierung und Wasserkraft dank innovativer Mehrzweckprojekte. Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet des Hochwasserschutzes – Konferenz über angewandte Forschung im Rahmen der 3. Rhonekorrektur, Martigny, Communications du Laboratoire de Constructions Hydrauliques Nr. 21, LCH – EPFL, pp. 155–169.

Die Konsequenzen von Revitalisierungsmaßnahmen vorhersagen



Peter Reichert, Leiter der Eawag-Abteilung «Systemanalyse, Integrated Assessment und Modellierung»
Koautoren: Mark Borsuk, Steffen Schweizer und Christian Spörri, Eawag

Was bewirken vorgeschlagene Massnahmen? Eine Frage, mit der man bei Flussrevitalisierungen konfrontiert ist. Mathematische Modelle fassen den aktuellen Wissensstand über wichtige Wirkungen transparent zusammen. Damit können sie substantiell zur Entscheidungsfindung beitragen.

Gute Entscheide zu fällen, ist meist nicht leicht. Das gilt auch bei Flussrevitalisierungen, wenn es in der Planungsphase darum geht, aus verschiedenen Alternativen die beste Kombination von Massnahmen auszuwählen. Schwierig ist es insbesondere, weil:

- ▶ Konflikte zwischen sich widersprechenden Zielbereichen existieren: etwa Raumbedarf für Fluss oder Landwirtschaft;
- ▶ die Beteiligten unterschiedliche Interessen haben: z.B. Bauern gegenüber Umweltschützern;
- ▶ die Verfahren, die zu einer Entscheidung führen, komplex sind: demokratische und partizipative Prozesse auf Gemeinde-, Kantons- und Bundesebene;
- ▶ Unsicherheit über die Konsequenzen der Massnahmen bestehen: aufgrund der Komplexität der natürlichen Systeme.

Deshalb wurden Verfahren entwickelt, die die Prozesse der Entscheidungsfindung erleichtern (siehe Kasten) [1]. Ein wichtiger Schritt

Entscheidungsunterstützung bei Flussrevitalisierungen

Eine Strukturierung des Entscheidungsproblems in die folgenden Schritte kann zur Versachlichung der Diskussion und zur Entwicklung konsensfähiger Lösungen beitragen (vereinfacht aus [1]).

1. Zu lösende Probleme analysieren und Beteiligte und Betroffene identifizieren.
2. Die Ziele des Projekts unter Einbezug der Beteiligten und Betroffenen beschreiben und quantifizieren.
3. Alternative Massnahmen zur Zielerreichung auflisten.
4. Die Konsequenzen der Massnahmen prognostizieren.
5. Ergebnisse zusammenfassend analysieren.

dabei ist, die Konsequenzen von Revitalisierungsalternativen vorherzusagen. Zu diesem Zweck entwickelten wir im Rahmen des Rhone-Thur-Projekts ein mathematisches Modell.

Methodik der Prognose – Integratives Modell. Ein mathematisches Modell ist eine stark vereinfachte Abbildung des interessierenden Systems und der darin ablaufenden Prozesse. Die Systemgrössen, die vorhergesagt werden sollen, richten sich nach den Indikatoren, die zur Beurteilung der Zielerreichung verwendet werden (siehe auch Artikel von K. Tockner auf S. 15). Das Modell beschreibt die Wirkung wichtiger Einflussgrössen auf diese Endgrössen. Weil Revitalisierungen morphologische, hydraulische, ökologische und wirtschaftliche Konsequenzen haben, muss Wissen aus verschiedenen Disziplinen integriert werden. Dies geschieht mit Hilfe von Daten aus der Literatur, bereits entwickelten detaillierteren Modellen, gezielten neuen Untersuchungen und Expertenbefragungen.

Abbildung 1 stellt die wichtigsten Wege dar, über welche sich Revitalisierungsmassnahmen auswirken. Aufgrund der dort ausgewiesenen Teilsysteme entschieden wir uns, das integrative Modell in Teilmodelle zu zerlegen. Für jedes dieser Teilmodelle kann

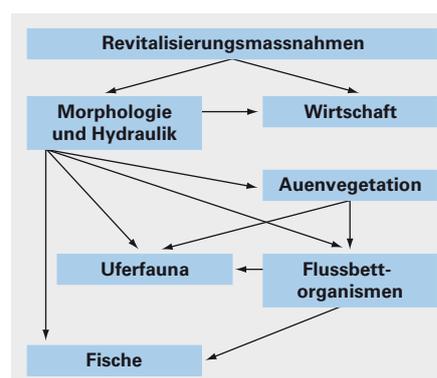


Abb. 1: Das integrative Flussrevitalisierungsmodell. Wichtige Wege der Wirkungsabreitung von Flussrevitalisierungsmassnahmen [1].

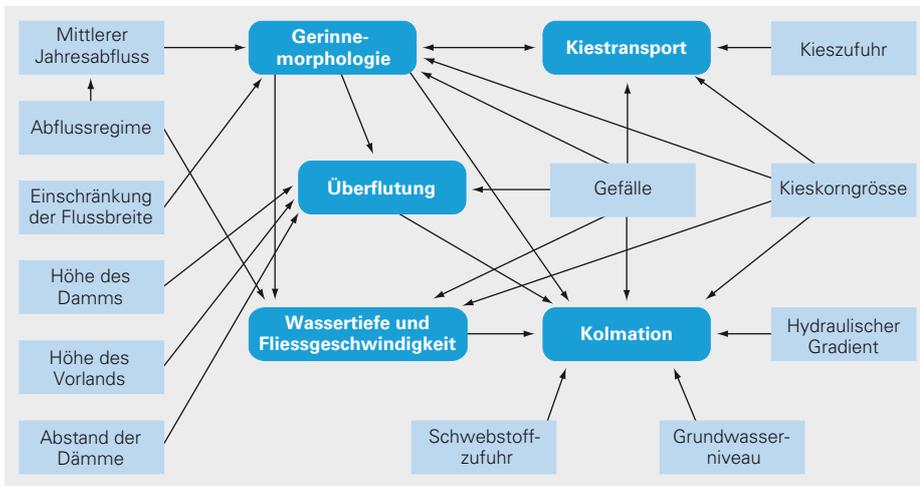
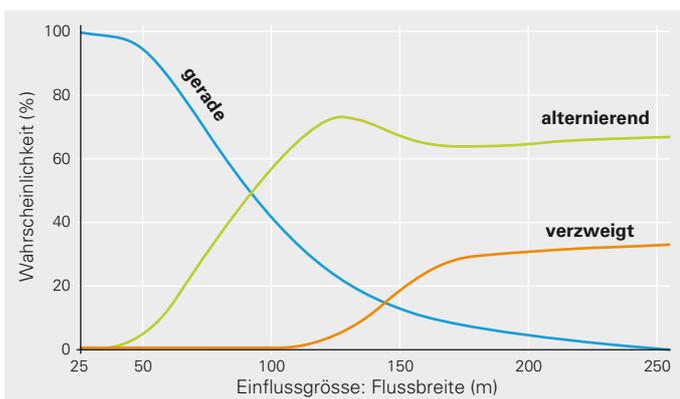


Abb. 2: Vereinfachte Abhängigkeiten der Systemgrößen im Teilmodell «Morphologie und Hydraulik» [2].

ein ähnliches Diagramm von Ursachen-Wirkungs-Zusammenhängen entwickelt werden, wobei dort, entsprechend des grösseren Detaillierungsgrades, messbare Systemgrößen stehen (Abb. 2). Ausgehend von diesen Diagrammen werden für alle abgebildeten Abhängigkeiten mathematische Beziehungen formuliert. Die Massnahmen werden dabei durch Eingabegrößen charakterisiert. Da die wissenschaftlichen Unsicherheiten im Modell berücksichtigt werden, erhält man als Modellantwort für jede eingegebene Massnahme Resultate, die angeben, mit welchen Wahrscheinlichkeiten potenzielle Endzustände eintreten werden.

Die Teilmodelle. Insgesamt besteht das integrative Modell [ausführlicher beschrieben in 1] aus sechs Teilmodellen:
Morphologie und Hydraulik: Abbildung 2 zeigt das Wirkungsgefüge dieses Teilmodells [2]. Eingabewerte, wie etwa die Einschränkung der Flussbreite oder der Abstand der Dämme, sind in hellblauen Kästchen, Endgrößen, wie die Gerinnemorphologie oder die Kol-

Abb. 3: Modellerte Wahrscheinlichkeiten für verschiedene Flussmorphologien je nach Breite des Flussbettes für die Thur zwischen Bürglen und Weinfeld. Die berücksichtigten Morphologien sind: gerader Flusslauf, zwischen Kiesbänken alternierender Flusslauf und verzweigtes Flusssystem [2].



mation (Verstopfung der Flusssohle durch feine Partikel), in dunkelblauen Kästchen dargestellt.

Auenv egetation: Dieses Teilmodell ist zurzeit noch nicht verfügbar. Es wird als Vereinfachung des im Artikel von C. Glenz auf S. 24 beschriebenen detaillierten Auenv egetationsmodells entwickelt [3].
Flussbettorganismen: Dieses Teilmodell beschreibt die Häufigkeit von Organismen bestimmter funktioneller Gruppen (Algen, Weider, Zerkleinerer, Sammler, Räuber) in Abhängigkeit von externen Einflussgrößen (hydraulische Bedingungen, Häufigkeit von Hochwassern, Stabilität der Flusssohle, Nährstoffe, Temperatur, Strahlung etc.). Es ist zurzeit in Entwicklung.

Uferfauna: Über die Entwicklung der Uferfauna gibt es erst wenige Untersuchungen. Aus diesem Grund liefert dieses Teilmodell noch sehr unsichere Prognosen. Der aktuelle Prototyp beruht auf Daten von Paetzold und Mitautoren [4] und beschreibt die Häufigkeit von Laufkäfern und Spinnen in Abhängigkeit von der Flussmorphologie, des Abflussregimes und von aquatischen Insekten, die den räuberischen Laufkäfern als Nahrung dienen.

Fische: Für Bachforellen wurde ein eigenes Teilmodell erarbeitet. Es simuliert die Population der Bachforellen in Abhängigkeit von verschiedensten Einflussgrößen wie Wasserqualität, Vorhandensein der Fischnierenkrankheit PKD, Wassertemperatur, maximaler Fischdichte, Hochwasserhäufigkeit, Besatz und Fischfang [5]. Ein etwas einfacheres Modell für Weissfische (Zypriniden) ist in Entwicklung.

Wirtschaft: Das Modell formuliert die Auswirkungen der planerischen und baulichen Aufwendungen auf die lokale Wirtschaft. Dabei wird die Verflechtung der verschiedenen Wirtschaftssektoren berücksichtigt und die Auswirkungen als Anzahl Stellen pro Sektor berechnet [6]. Ebenfalls abgeschätzt wird, wie sich die Massnahmen auf den Freizeittourismus auswirken.

Erste Modellprognosen mit dem Modul «Morphologie und Hydraulik». Das Teilmodell «Morphologie und Hydraulik» ist erstmals für den Abschnitt der Thur zwischen Bürglen und Weinfeld angewendet worden [2]. Wir berechneten, wie sich der Fluss bei

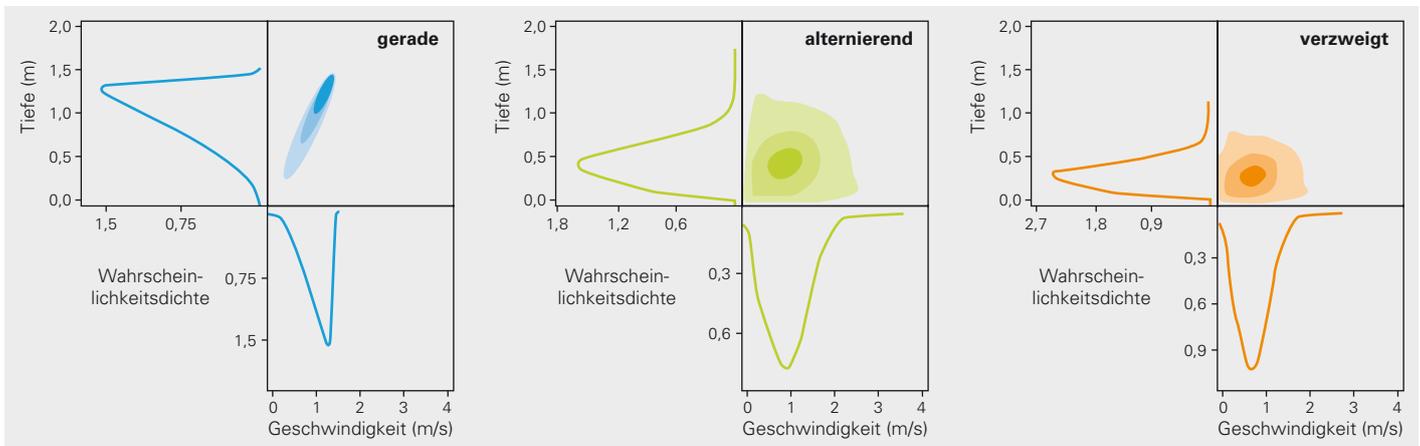


Abb. 4: Vorhergesagte Häufigkeitsverteilung der Wassertiefen-Geschwindigkeits-Kombinationen für die Thur zwischen Bürglen und Weinfeld. Links: aktueller Zustand mit einem 30 m breiten Flussbett. Mitte: 200 m breites Flussbett, falls sich alternierende Kiesbänke ausbilden. Rechts: 200 m breites Flussbett, falls ein verzweigtes Flussbett entsteht. Die farbigen Flächen im jeweiligen Hauptdiagramm enthalten 25% (dunkel), 50% (mittel und dunkel) und 95% (ganze farbige Fläche) der Wertepaare. Die seitlichen Diagramme zeigen die Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Geschwindigkeit und Wassertiefe allein [2].

einer Aufweitung entwickeln wird (Abb. 3). Im aktuellen Zustand ist die Thur aufgrund von Verbauung und Eintiefung auf eine Breite von ca. 30 m eingeschränkt und weist einen geraden Verlauf auf. Bei einer Verbreiterung des Flusses auf etwa 100 m nimmt die Wahrscheinlichkeit zu, dass sich ein durch Kiesbänke alternierender Flusslauf einstellt. Räumt man dem Fluss noch mehr Platz ein, entsteht mit ca. 30% Wahrscheinlichkeit ein verzweigtes Flusssystem und mit ca. 70% Wahrscheinlichkeit ein Flusslauf mit alternierenden Kiesbänken.

Abbildung 4 zeigt die zu erwartenden gemeinsamen Verteilungen von Wassertiefe und Geschwindigkeit. Beim aktuellen geraden Verlauf treten kleine Geschwindigkeiten immer zusammen mit kleinen Wassertiefen auf (im Uferbereich) und grosse Geschwindigkeiten mit grossen Wassertiefen (in der Flussmitte). Verbreitert man das Flussbett auf 200 m ergeben sich sowohl beim alternierenden als auch beim verzweigten Verlauf vielfältigere Verteilungen. Sowohl grosse als auch kleine Fließgeschwindigkeiten können dann bei grossen oder kleinen Wassertiefen auftreten, wobei die Werte von Tiefe und Geschwindigkeit bei der verzweigten Morphologie insgesamt geringer sind. Diese grössere Habitatvielfalt begünstigt eine höhere Diversität der Flussbettorganismen und Fische und fördert damit indirekt auch die Entwicklung der Uferfauna. Diese Effekte werden in den jeweiligen Teilmodellen beschrieben.

Erste Modellprognosen mit dem Modul «Wirtschaft». Das wirtschaftliche Modell zeigt, dass sich pro investierte Million Franken im Jahr insgesamt ca. 8 Arbeitsplätze ergeben. Davon fallen rund sechs im Bausektor und einer im Dienstleistungssektor an, und ein weiterer verteilt sich auf andere Sektoren. Bei einem Investitionsvolumen von ca. 30 Mio Franken über 5 Jahre, würden sich über diese Zeit rund 50 Arbeitsplätze ergeben. Daneben sind die längerfristigen Auswirkungen durch Tourismus und Freizeitaktivitäten eher gering: bei der Revitalisierung des relativ kurzen Flussab-

schnitts der Thur liegen sie gemäss einer groben Abschätzung höchstens im Bereich von 5–6 Arbeitsplätzen [6].

Weitere Entwicklung des Modells. Die erste vollständige Version des integrativen Modells soll bis Ende 2006 fertig gestellt werden. Damit das Modell wirklich seinen Weg in die Praxis nimmt, sucht die Eawag den Austausch mit potenziellen Anwendern. Die Rückmeldungen aus Wissenschaft und Praxis sind wichtig, um das Modell in den kommenden Jahren kontinuierlich zu verbessern. So kann es die wissenschaftliche Begleitung von Revitalisierungsprojekten unterstützen.



- [1] Reichert P., Borsuk M., Hostmann M., Schweizer S., Spörri C., Tockner K., Truffer B. (2006): Concepts of decision support for river rehabilitation. *Environmental Modelling and Software* (in press).
- [2] Schweizer S., Borsuk M., Reichert P. (2006): Predicting the morphological and hydraulic consequences of river rehabilitation (submitted).
- [3] Glenz C. (2005): Process-based, spatially-explicit modelling of riparian forest dynamics in Central Europe. PhD thesis, Laboratory of Ecosystem Management (GECOS), EPF Lausanne, Switzerland.
- [4] Paetzold A., Schubert C., Tockner K. (2005): Aquatic-terrestrial linkages along a braided river: Riparian arthropods feeding on aquatic insects. *Ecosystems* 8, 748–759.
- [5] Borsuk M.E., Reichert P., Peter A., Schager E., Burkhardt-Holm P. (2006): Assessing the decline of brown trout (*Salmo trutta*) in Swiss rivers using a Bayesian probability network. *Ecological Modelling* 192, 224–244.
- [6] Spörri C., Borsuk M., Peters I., Reichert P. (2006): The economic impacts of river rehabilitation: a regional input-output analysis, *Ecological Economics* (submitted).

Entwicklung der Landschaft in revitalisierten Auen



Christian Glenz,
Biologe/Umweltwissen-
schaftler, EPF Lausanne;
jetzt: Forum Umwelt AG,
Visp

Auen sind dynamische und komplexe Lebensräume. Wie sie sich nach einer Revitalisierung langfristig entwickeln, ist jedoch schwer zu prognostizieren. Die Folge: Akzeptanz und praktische Umsetzung von Revitalisierungsprojekten können erschwert werden. Prozessbasierte Sukzessionsmodelle für den Auenwald bieten erste Lösungsansätze.

Die Flussraumaufweitung vereinbart ökologische und hochwasser-schutztechnische Interessen. Dies macht sie derzeit zu einer oft angestrebten Flussbaumaßnahme. Doch wie entwickelt sich die Landschaft nach einer Aufweitung? Wird sich ein Auenwald mit natürlichen Sukzessionsprozessen einstellen oder nicht? Fragen, auf die es im Voraus keine allgemeingültigen Antworten gibt. Heute werden diese Aspekte meist über Expertenmeinungen in die Diskussion über die «optimale» Gestaltung einer Aufweitung eingebracht – mit entsprechend grossem Interpretationsspielraum. Diese Ungewissheit erschwert häufig die Entscheidungs-, Planungs- und Umsetzungsprozesse einer Revitalisierung.

Warum ist es so schwierig, die Auenentwicklung zu prognostizieren? Der Grund ist, dass die in Auen vorherrschenden geomorphologischen, hydraulischen und ökologischen Prozesse (Haupt-einflussprozesse) und deren Wechselwirkungen äusserst komplex sind und sich die Standortbedingungen für Pflanzen ständig ändern können.

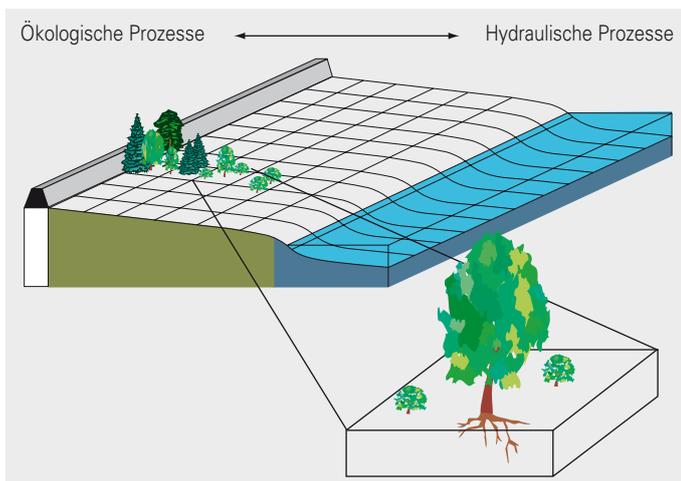
Um dieser Ausgangslage gerecht zu werden, braucht es zur Prognose der Auenentwicklung prozessbasierte dynamische Com-

putermodelle, die die Haupteinflussprozesse berücksichtigen. Sie sollen auch die für das Pflanzenwachstum verantwortlichen abiotischen und biotischen Prozesse einbeziehen. Dadurch wird es möglich, die Auswirkungen der sich ständig verändernden Umwelteinflüsse auf die Vegetation zu simulieren. Die beiden bestehenden Auenwaldsukzessionsmodelle [1,2] sind erste Ansätze in diese Richtung. Allerdings sind sie nicht für die Bedingungen in Mitteleuropa konzipiert, d.h. sie tragen den spezifischen Umwelteinflüssen in alpinen und voralpinen Überschwemmungsgebieten zu wenig Rechnung. Zudem werden die oben genannten Wechselwirkungen nicht berücksichtigt.

Das prozessbasierte Sukzessionsmodell RIFOD. Das im Rahmen des Rhone-Thur-Projekts entwickelte Modell RIFOD («R|parian FOrest Dynamics») koppelt ein Auenwaldsukzessionsmodell («ökologisches Modell») mit einem quasi-2D hydraulischen Modell [3]. RIFOD simuliert die kurz- und langfristige Auenwalddynamik von 65 mitteleuropäischen Gehölzarten auf Gitterflächen von 10 x 10 m (Abb. 1). Dabei berücksichtigt es die spezifischen Wechselwirkungen der ökologischen und hydraulischen Prozesse je nach Lage der simulierten Gitterfläche im Untersuchungsraum. Dies erlaubt insbesondere das Ineinanderspielen von Vegetationsrauigkeit (= Dichte, Form und Elastizität der Vegetation) und Wasserabfluss abzubilden. Ein wichtiger Aspekt, denn die Vegetationsentwicklung hängt direkt und indirekt vom Abflussverhalten (z.B. Fließgeschwindigkeit, Überflutungsdauer und -höhe) ab. Umgekehrt beeinflusst aber die Vegetation auch das Abflussverhalten, beispielsweise sinkt die Fließgeschwindigkeit bei dichter werdender Vegetation, wodurch die Überflutungshöhe steigt.

Das Auenwaldsukzessionsmodell ist modular aufgebaut. Es besteht aus einem Modul zur Populationsdynamik, das die Keimung/Regeneration, das Wachstum und das Absterben der Gehölze abbildet. Hinzu kommen weitere Module, die sowohl die Standortbedingungen als auch den art- und entwicklungsspezifischen Stress simulieren, z.B. Trockenstress, Nährstoffmangel sowie mechanischen und physiologischen Stress durch Überschwemmungen. Da geomorphologische Prozesse noch nicht berücksichtigt werden, kann das Modell vorerst nur in Auengebieten mit geringer geomorphologischer Aktivität (z.B. Tieflandflüsse) oder im Falle von

Abb. 1: Anwendungsbereich von RIFOD.



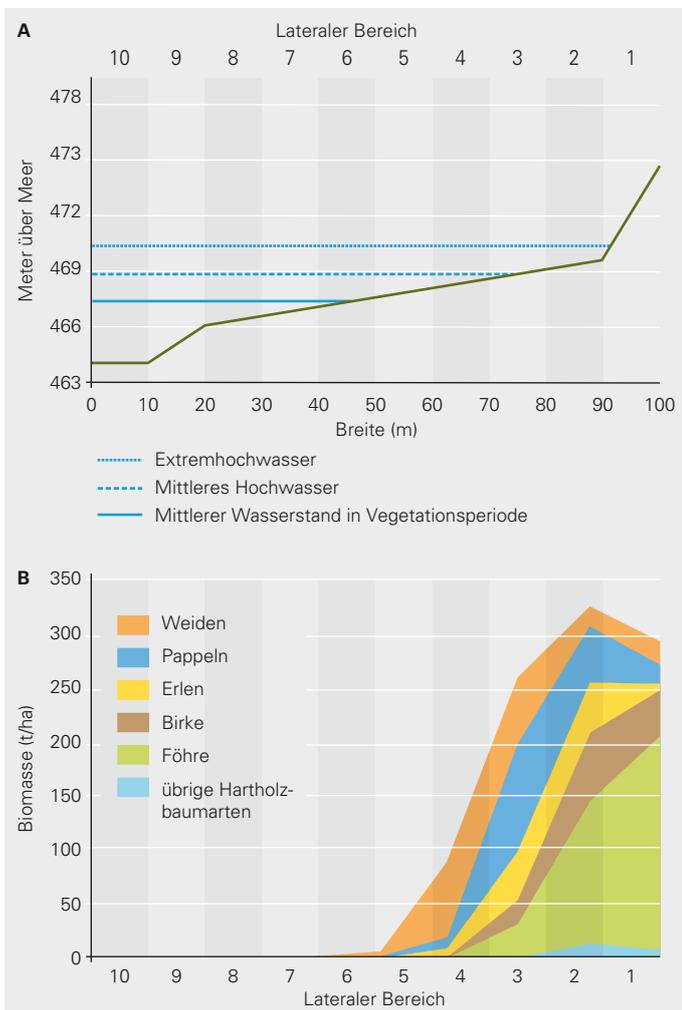


Abb. 2: Halbprofil mit Wasserständen für eine Aufweitung der Rhone unterhalb von Sitten (A) sowie modellierte laterale Bestandeszusammensetzung in der Aue 100 Jahre nach der Aufweitung (B).

Flussraumaufweitungen für die Bereiche mit relativ stabilem Profil (z.B. abgesenktes Vorland) angewendet werden.

Erste Modellprognosen. Erstmals wurde RIFOD eingesetzt, um die Auenentwicklung nach einer Aufweitung der Rhone unterhalb von Sitten (Abb. 2A) zu prognostizieren. In das Modell gingen Abfluss- und Klimadaten der letzten 20 Jahre von verschiedenen Messstationen aus der Region Sitten ein (inkl. Hochwasser 1987, 1993, 2000), sowie Daten über die Bodenstruktur. Abb. 2B zeigt, welche Baumarten 100 Jahre nach der Aufweitung wahrscheinlich in der Aue anzutreffen sind. Unserer Voraussage nach bleiben die Bereiche 7 bis 10 frei von Gehölzen. Am Rande des Flussraums dominiert die Föhre den Bestand, dagegen lassen die Bedingungen in den flusssnahen Bereichen nur die Entwicklung einiger Weiden in geringer Dichte zu. Dazwischen entwickelt sich mehrheitlich eine Weichholzaue, welche anfangs durch Weiden und später durch Erlen und Pappeln dominiert wird. Im Gegensatz zur Grauerle ent-

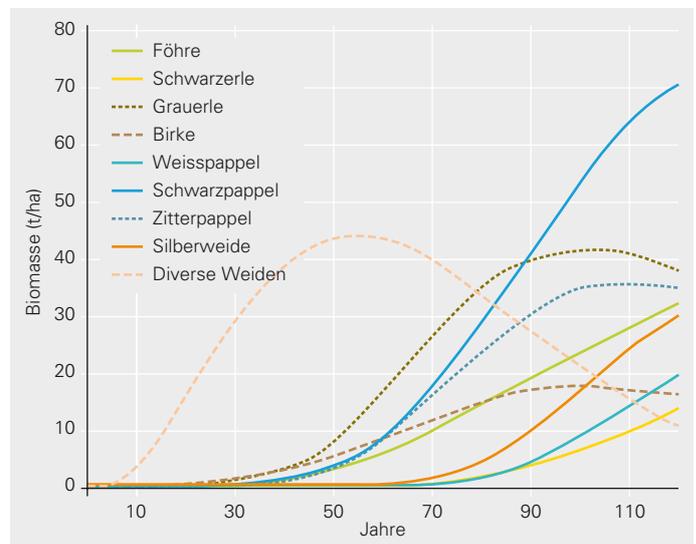


Abb. 3: Bestandesentwicklung im lateralen Bereich 3.

wickelt sich die Schwarzerle erst später, da zu Beginn der Sukzession die Nährstoffverhältnisse ungenügend sind (Abb. 3). Beim lateralen Bereich 3 sind innerhalb des Prognosezeitraums von 100 Jahren keine massiven Biomasseverluste ersichtlich. Dies bedeutet, dass bei stabilisiertem Hauptgerinne die Bäume in diesem Bereich selbst bei Extremhochwasser nicht weggerissen werden.

Weiterentwicklung von RIFOD. Das von uns entwickelte Modell simuliert die Tendenzen der Auenwaldentwicklung und der damit assoziierten Charakteristika (z.B. Vertikalstruktur, Produktivität) bei verschiedenen Flussraumprofilen oder bei Abflussveränderungen (z.B. Verringerung des Abflusses durch ein Laufkraftwerk). Um die Aussagekraft der Modellprognosen zu steigern, müssen in das Modell vermehrt quantitative Daten (z.B. langfristige Baumring-Messreihen in Abhängigkeit der Umwelteinflüsse in den Auen) in die Formulierung der Prozesse, sowie in die Kalibration und Validation des Modells eingehen. Dadurch werden die parameter- und prozessbasierten Unsicherheiten des Modells weiter reduziert. Obwohl geomorphologische Prozesse zurzeit noch nicht berücksichtigt werden, kann das Modell RIFOD bereits die Entscheidungsfindung bei Flussrevitalisierungsprojekten unterstützen. ○ ○ ○

- [1] Pearlstine L., McKellar H., Kitchens W. (1985): Modelling the impacts of a river diversion on bottomland forest communities in the Santee River floodplain. *Ecological Modelling* 29, 283–302.
- [2] Phipps R.L. (1979): Simulation of wetlands forest dynamics. *Ecological Modelling* 7, 257–288.
- [3] Glenz C. (2005): Process-based, spatially-explicit modelling of riparian forest dynamics in Central Europe – Tool for decision-making in river restoration. Thèse Nr. 3223, EPFL, Lausanne.

Revitalisieren durch Aufweiten



Sigrun Rohde, Landschaftsplanerin, WSL; jetzt: Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Kanton Aargau

Flussaufweitungen sind bevorzugte Revitalisierungsmassnahmen. Ihr «ökologischer» Erfolg hängt stark von Bauweise und gewähltem Ort ab. Die Ergebnisse einer Wirkungskontrolle geben wertvolle Hinweise für Planung und Bau künftiger Aufweitungen.

Aufweitungen sind lokal begrenzte Gerinneverbreiterungen und ein gutes Beispiel dafür, wie sich die Ziele des Wasserbaus mit jenen des Natur- und Landschaftsschutzes kombinieren lassen. Mit Gerinneaufweitungen können zum einen das Ausmass der Sohlenerosion und die Überflutungsgefahr reduziert werden. Zum anderen wird dem Gewässer die Möglichkeit zu einer eigendynamischen Entwicklung des gewässertypischen Gleichgewichts gegeben. Mit dem Resultat, dass sich wieder auentypische Arten- und Lebensgemeinschaften einstellen können. Doch wie lässt sich der ökologische Erfolg von Flussaufweitungen abschätzen?

Im Rahmen des Rhone-Thur-Projekts wurden fünf Fließgewässerabschnitte vor und nach der Aufweitung genauer untersucht [1–3]: die Emme bei Aefligen, die Thur bei Gütighausen, die Rhone bei Chippis und die Moesa bei Grono und Lostallo. Als Indikatoren (siehe auch Artikel von K. Tockner und C. Weber auf den Seiten 15 und 32) wurden Parameter gewählt, die die Landschaftsstruktur beschreiben: z.B. Habitattyp, -vielfalt, -fläche, -form, Abstand zwischen zwei Flächen eines Habitattyps, Länge der Habitatgrenze. Darüber hinaus wurde ausgehend von Literatur und Expertenwissen eine Liste auentypischer Pflanzenarten zusammengestellt. Sie diente anschliessend dazu, die Vegetationsentwicklung in den Aufweitungen zu charakterisieren. Die Liste ist im Internet verfügbar [4].

Kleinteiliges Lebensraummosaik an Aufweitungen. Abbildung 1 zeigt beispielhaft an den revitalisierten Abschnitten von Rhone und Thur, welche Habitattypen vor und nach der Aufweitung vorkamen. Am augenfälligsten ist, dass sich die ehemals kanalisierten Gerinne Kies führender, (vor-)alpiner Flüsse in mehrere Teilgerinne aufteilen (pendelnd-furkierender Lauf), dass sich Inseln und Kies-/Sandbänke unterschiedlicher Entwicklungsstufen (Sukzession) bilden und dass Abbruchufer entstehen. Bei natürlicherweise mäandrierenden Flüssen kommt es dagegen eher zur Ausbildung von Prall- und Gleithängen. Im Gerinne selbst entstehen durch die Profilaufweitung verschiedene Gewässerbettformen mit unterschiedlichen Wassertiefen und Strömungsmustern.

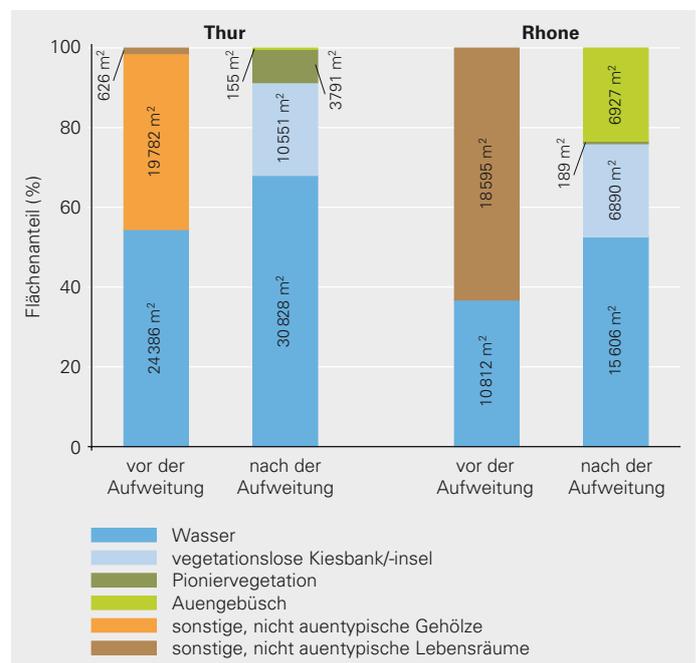
Allerdings konnte aufgrund der geringen Flächenausdehnung sowohl in der Länge als auch in der Breite der Aufweitungen nur ein Ausschnitt des natürlichen Spektrums an Auenlebensräumen wie-

derhergestellt werden. Im Wesentlichen entwickelten sich Habitate, die von Pionierpflanzen besiedelt werden. Auengebüsche kommen nur kleinflächig vor und Auwälder fehlen ganz. Im Vergleich zu naturnahen Auen ist das Lebensraummosaik der Aufweitungen insgesamt kleinteiliger und komplexer.

Schnelle Besiedlung durch auentypische Pionierpflanzen. Die Vegetationsuntersuchungen weisen darauf hin, dass Aufweitungen einen wichtigen Beitrag zur Förderung und zum Schutz auentypischer Arten leisten können. So wurden an den untersuchten Aufweitungen insgesamt 28 auentypische Pflanzenarten gefunden.

Darunter versteht man Arten, die für ihr Überleben im Wesentlichen auf Auen angewiesen sind bzw. ihren natürlichen Verbrei-

Abb. 1: Habitattypen und -grössen vor und nach der Aufweitung von Flussabschnitten der Thur bei Gütighausen und der Rhone bei Chippis.



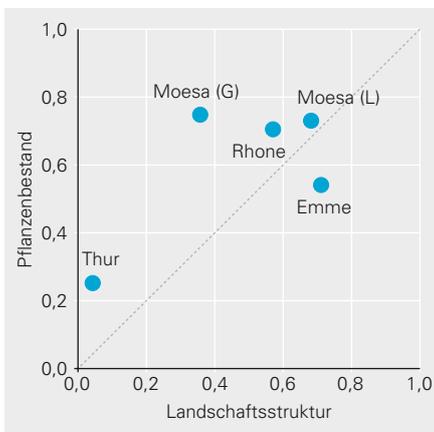


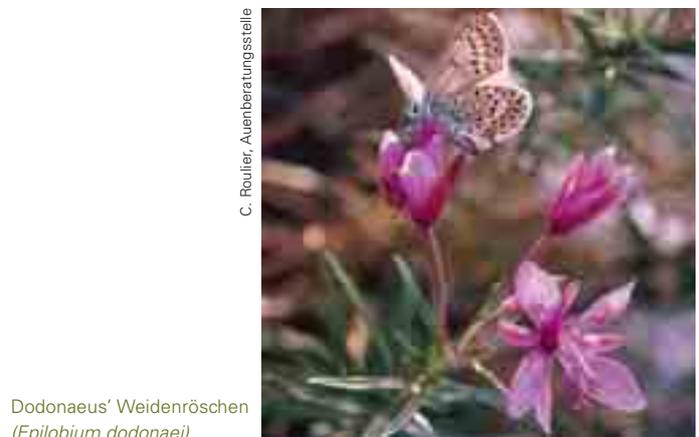
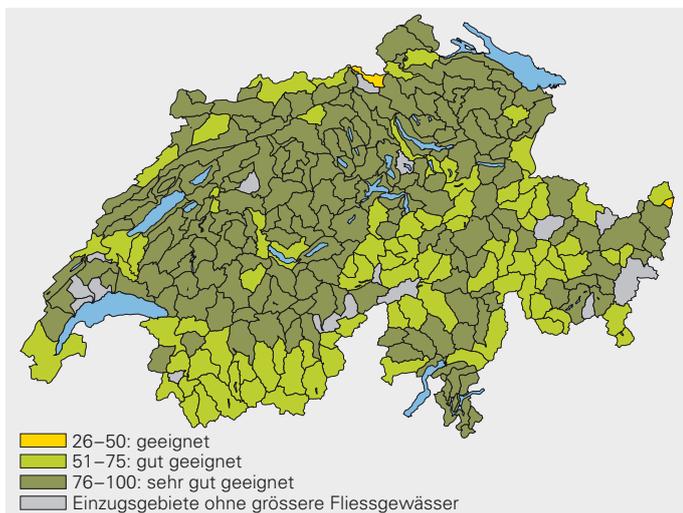
Abb. 2: Erreichte Naturnähe der untersuchten Flussabschnitte nach realisierter Aufweitung, ausgedrückt durch einheitslose Index-Werte. Details zur Berechnung in [3].
0 = kanalisierter Zustand, 1 = naturnaher Zustand.

tungsschwerpunkt in Auen haben, wie z.B. Dodonaeus' Weidenröschen.

Die meisten der 28 Arten sind (Pionier-)Pflanzen der Kiesbänke und Ufer. Sie sind nicht nur in der Lage, Trockenperioden zu überdauern, sondern ertragen auch zeitweilige Überflutungen, in deren Anschluss sie sich rasch regenerieren. Ein Paradebeispiel hierfür sind die verschiedenen Weidenarten. Arten, die nicht an die wechselnden und teilweise völlig unberechenbaren Bedingungen der Kiesbänke und Ufer angepasst sind, tun sich hingegen schwer und sind entsprechend selten anzutreffen. Dazu gehören insbesondere Auwaldpflanzen der Hartholzau.

Erreichte Naturnähe. Um zu bestimmen, wie naturnah die Gewässer nach realisierter Aufweitung sind, wurden die erhobenen Indikatorwerte in einheitslose Index-Werte zwischen 0 und 1 überführt. Der Wert «0» entspricht dem kanalisiertem Ausgangszustand und der Wert «1» dem angestrebtem Zielzustand. Im Grossen und Ganzen haben die aufgeweiteten Gewässerabschnitte eine relativ

Abb. 3: Eignung der Fliessgewässer für Gerinneaufweitungen, ausgedrückt durch den durchschnittlichen ökologischen Eignungsindex pro Einzugsgebiet [5].



Dodonaeus' Weidenröschen (*Epilobium dodonaei*).

grosse Naturnähe erreicht (Abb. 2). Die verbleibenden Defizite gegenüber den naturnahen Referenzgewässern ergeben sich aus der geringeren Habitatvielfalt und der Kleinteiligkeit aufgrund der geringen Flächenausdehnung der Aufweitungen. Weniger erfolgreich war lediglich die Thuraufweitung. Dort lagen die erzielten Werte am unteren Ende der Messlatte: bei 0,23 für die Pflanzenbestände und 0,03 für die Landschaftsstrukturen. Dies liegt u.a. daran, dass die Kiesbänke dort weniger mächtig sind und entsprechend häufiger überflutet werden.

Flussaufweitungen lohnen sich! Der Erfolg einer Revitalisierung hängt nicht nur von den umgesetzten Massnahmen ab, sondern auch von den (ökologischen) Rahmenbedingungen, die am Gewässer vorzufinden sind. Häufig ist es effizienter, wenig beeinträchtigte Flüsse aufzuweiten. Wogegen Aufweitungen an stark beeinträchtigten Flüssen ihre Wirkungen unter Umständen nicht voll entfalten können. Es gilt also jene Gewässer(-abschnitte) zu identifizieren, die sich aufgrund günstiger ökologischer Rahmenbedingungen besonders gut für Gerinneaufweitungen eignen und damit Erfolg versprechend erscheinen. Im Rahmen des Rhone-Thur-Projekts wurde deshalb der ökologische Eignungsindex für die Einzugsgebiete der Schweiz berechnet [3]. Es zeigte sich, dass die Rahmenbedingungen für zukünftige Revitalisierungen insgesamt günstig bis sehr günstig sind (Abb. 3). Detaillierte Ausführungen zur Suchstrategie und zur Berechnung des Eignungsindex sind im Internet erhältlich [5].

- [1] Rohde S. (2005): Integrales Gewässermanagement, Erkenntnisse aus dem Rhone-Thur-Projekt, Synthesebericht Gerinneaufweitungen. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, 69 S. Siehe: www.rivermanagement.ch
- [2] Rohde S. (2005): Flussaufweitungen lohnen sich! Ergebnisse einer Erfolgskontrolle aus ökologischer Sicht. Wasser Energie Luft 97, 105–111. Siehe: www.rivermanagement.ch
- [3] Rohde S. (2004): River restoration: Potential and limitations to re-establish riparian landscapes. Assessment and planning. Dissertation, ETH Zurich, 127 p. Siehe: www.rhone-thur.eawag.ch/publikationen.html
- [4] www.rivermanagement.ch/download.php
- [5] www.rivermanagement.ch/aufweitung/aufw_p7.php



Tobias Meile, Bauingenieur, Laboratoire de Constructions Hydrauliques LCH der EPF Lausanne

Schwall und Sunk in Fliessgewässern

Der Betrieb der Speicherkraftwerke führt zu schnell und häufig wechselnden Abflussbedingungen. Dies kann sich negativ auf die ökologische Integrität von Fliessgewässern auswirken. Zur Schwalldämpfung sind grundsätzlich bauliche und betriebliche Massnahmen denkbar.

Speicherkraftwerke turbinieren Wasser aus hoch gelegenen Stauseen in tiefer gelegene Fliessgewässer ab. Dies geschieht vorwiegend bei grosser Elektrizitätsnachfrage. Daraus resultiert ein häufiger und regelmässiger Wechsel zwischen steigendem (Schwall) und sinkendem Abfluss (Sunk), der sich grundlegend von natürlichen Hochwasserereignissen unterscheidet (Abb. 1).

Abbildung 2 zeigt die 44 Stationen im hydrologischen Messnetz des Bundes, die im Zeitraum von Ende Januar bis Anfang März 2005 an mindestens 6 Tagen schwallartige Pegelschwankungen um mindestens 10 cm aufwiesen. Betroffen vom Schwall/Sunk sind hauptsächlich mittlere bis grössere Talflüsse der Alpen und Voralpen. Häufig treten in diesen Gewässern auch andere anthropogene Belastungen auf wie Begradigung, Kanalisierung, Einleitungen von gereinigtem Abwasser und Abschwemmungen von landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen.

Im Schweizer Mittelland befinden sich nur wenige schwall-erzeugende Kraftwerke. Unterhalb von Laufwasserkraftwerken, deren Stauhaltungen in der Regel keine nennenswerte Speicherung ermöglichen und/oder einen ziemlich konstanten Wasserstand

einhalten müssen, tritt Schwall/Sunk nur infolge Notabschaltung der Turbinen auf, was sehr selten geschieht. Entsprechend bleiben die Mittellandflüsse unterhalb der grossen Alpenrandseen, die als natürliche Rückhaltebecken wirken, weitgehend schwallfrei. Pumpspeicherkraftwerke erzeugen ebenfalls keinen Schwall/Sunk, da das Wasser zwischen zwei Seen oder Becken turbiniert wird.

Auswirkungen auf den Fliessgewässerzustand. Der Schwall/Sunk wirkt sich auf eine Reihe abiotischer Parameter in Fliessgewässern aus:

- ▶ Hydraulik: signifikante und rasche Änderung des Abflusses, der Fliessgeschwindigkeit und der Sohlenschubspannung;
- ▶ chemische und physikalische Wasserqualität: Einfluss auf den Tageszyklus der Trübung und der Temperatur, Leitfähigkeit, Konzentration von Nähr- und Schadstoffen;
- ▶ Morphologie: Bewegung einer Rollkiesauflage, Resuspension oder Ablagerung von Feinsedimenten.

Diese abiotischen Veränderungen wiederum haben einen Einfluss auf die Lebensgemeinschaften. Baumann und Klaus [1] haben

Abb. 1: Abfluss und Schwall/Sunk-Raten der Rhone in Porte du Scex. Vergleich einer Oktoberwoche der Jahre 1907 (Herbsthochwasser) und 2003 (charakteristische Turbinierzyklen) [Abbildung aus 2].

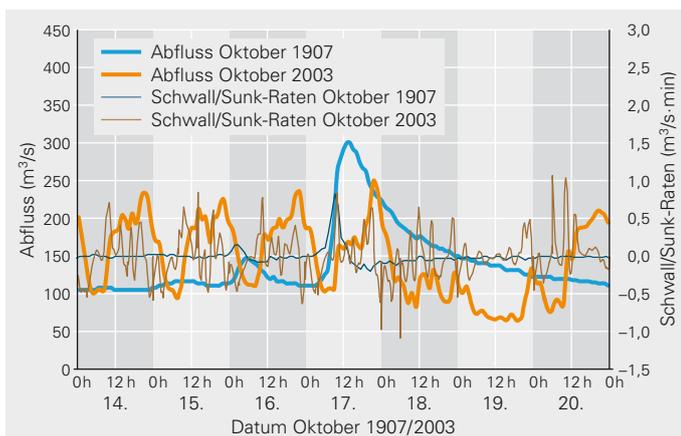
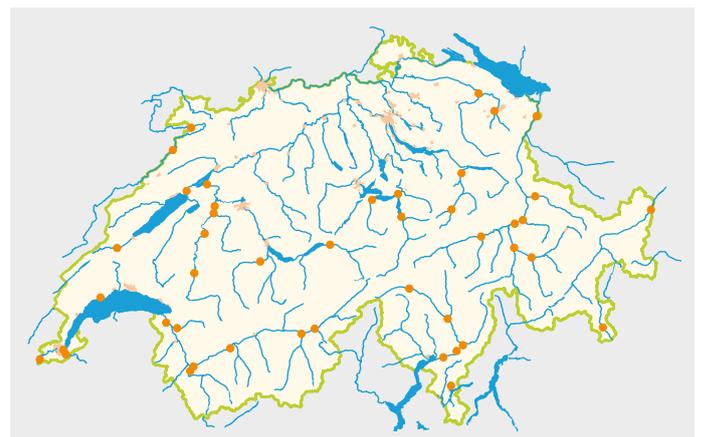


Abb. 2: Hauptgewässernetz der Schweiz mit den 44 Abfluss-Messstationen des Bundes, deren Ganglinien in der Zeit vom 29.1.2005 bis 6.3.2005 eindeutige Schwallereignisse zeigten [Abbildung aus 3].



	Bauliche Massnahmen	Betriebliche Massnahmen
Turbiniertes Wasser nicht in Fluss einleiten	Einleitung direkt in einen See Separates Fliessgewässer für turbiniertes Wasser	
Turbiniertes Wasser gedämpft in Fluss einleiten	Bau von Rückhaltebecken Turbinieren in den Stauraum eines Laufwasserkraftwerks (evtl. Mehrzweckanlage, siehe Artikel von A. Schleiss auf S. 18)	Beschränkung der Leistung (Maximalabfluss) Erhöhung des Minimalabflusses ab Stausee/Dotierturbine Langsames, stufenweises An- und Zurückfahren der Turbinen Antizyklisches Turbinieren verschiedener Zentralen
Betroffene Gewässerzonen minimieren	Morphologische Optimierung des Gewässers, Gewässerneugestaltung	

Tab. 1: Schwallreduzierende Massnahmen.

zahlreiche Untersuchungen aus dem Alpenraum ausgewertet, die sich mit den biologischen Auswirkungen des Schwall/Sunks beschäftigten. Weitaus am häufigsten wurden strukturelle Zustandsgrössen der aquatischen Biozönose erfasst. So beobachtete man, dass sich die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften generell veränderte und dass die Häufigkeit oder Biomasse verschiedener Organismen-Gruppen (Fische, Makrozoobenthos, Phytobenthos) abnahmen. Nur vereinzelt ist die Besiedlung des Uferbereichs untersucht worden, der bei Schwall überflutet wird und bei Sunk trocken fällt (siehe Artikel von M. Fette auf S. 30).

Daneben sind auch funktionelle biologische Parameter bestimmt worden. Beispielsweise zeigen mehrere Untersuchungen, dass die Driftdichte des Makrozo- und Phytobenthos bei Schwall deutlich zunimmt, und man beobachtete das Stranden der Organismen bei rascher Abnahme des Abflusses und des Wasserspiegels auf flachen Uferpartien und in mit dem Hauptgerinne verbundenen Senken (z.B. bernische Saane, bayrischer Lech). Während Stranden und Drift eindeutig mit dem Schwall/Sunk in Verbindung gebracht werden können, ist es nachträglich, allein aufgrund der heutigen biologischen Situation, schwierig, die Auswirkungen von morphologischen, chemisch/physikalischen sowie hydrologischen Veränderungen in einem Fluss auseinanderzuhalten.

Schwallreduzierende Massnahmen und Schwallindikatoren.

Zur Schwalldämpfung sind theoretisch verschiedene wasserbauliche und betriebliche Massnahmen möglich (Tab. 1). Betriebliche Massnahmen haben aber den Nachteil, dass sie die Wirtschaftlichkeit der Energieproduktion stark gefährden, weil die Speicherkraftwerke dann nicht mehr uneingeschränkt zu Spitzenzeiten des Verbrauchs turbinieren können. Gemäss einer Studie für den Alpenrhein war der Einnahmeverlust durch betriebliche Einschränkungen 3,5-mal höher als die Kosten für die Erstellung von Ausgleichsbecken [4].

Um die Wirksamkeit schwalldämpfender Massnahmen zu erfassen, sind so genannte Schwallindikatoren notwendig. Das sind Kenn- und Richtwerte, die zur Beschreibung und Beurteilung des Schwall/Sunks dienen. Für einige Schwallindikatoren bestehen Vorstellungen über gewässerökologisch begründete Richtwerte. Zum Beispiel werden für die maximale Pegelrückgangsraten Werte von 12 cm pro Stunde empfohlen, um das Stranden von Jungfischen weitgehend zu verhindern. Für das Verhältnis von Maximalschwall zu Minimalsunk nimmt man Werte im Bereich von 5:1 bis 2:1

als vertretbar an. Sinnvoller wäre es jedoch, diese ökologischen Richtwerte gewässerspezifisch zu bestimmen. Solch massgeschneiderte Kriterien wurden am Alpenrhein definiert und dazu verwendet, verschiedene mögliche Szenarien einer Schwallregelung zu entwickeln [5].

Schwall/Sunk als erschwerende Randbedingung bei Flussrevitalisierungen.

Etwa jedes vierte mittlere bis grössere Fliessgewässer im Schweizer Alpen- und Voralpenraum ist vom Schwall/Sunk betroffen. Daher sind oft und schnell wechselnde Abflussverhältnisse in morphologischen Flussrevitalisierungsprojekten als Randbedingung zu berücksichtigen. Zudem sollten allfällige schwallreduzierende Massnahmen spezifisch an das jeweilige Gewässer angepasst werden. Aktuelle Forschungsdefizite betreffen die Wechselwirkung zwischen Morphologie und Schwall/Sunk und die Wirksamkeit der schwallreduzierenden Massnahmen. Dazu sind Erfolgskontrollen realisierter und zukünftiger Revitalisierungen notwendig. ○ ○ ○

Bemerkung: Dieser Beitrag fasst die wichtigsten Resultate des Syntheseberichts Schwall/Sunk des Rhone-Thur-Projekts [2] zusammen.

- [1] Baumann P., Klaus I. (2003): Gewässerökologische Auswirkungen des Schwallbetriebs. Mitteilungen zur Fischerei Nr. 75, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
- [2] Meile T., Schleiss A., Boillat J.-L. (2005): Entwicklung des Abflussregimes der Rhone seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts. Wasser, Energie, Luft 97, 133–142.
- [3] Meile T., Fette M., Baumann P. (2005): Synthesebericht Schwall/Sunk. Publikation des Rhone-Thur-Projekts.
- [4] Wickenhauser M., Hauenstein W., Minor H.-E. (2005): Massnahmen zur Schwallspitzenreduktion und deren Auswirkungen. Wasser, Energie, Luft 97, 29–38.
- [5] Schälchli U., Eberstaller J., Moritz C., Schmutz, S. (2003): Notwendige und wünschbare Schwallreduktion im Alpenrhein. Internationale Regierungskommission Alpenrhein, Projektgruppe Gewässer- und Fischökologie, Vaduz.

Schwall und Sunk: Effekte auf das Grundwasser



Markus Fette, Umweltingenieur, Eawag; jetzt Meier und Partner AG, St. Gallen

Im Rahmen der dritten Rhonekorrektur sind Aufweitungen des Gewässerbettes vorgesehen. Diese Eingriffe können die oft geringe Austauschdynamik zwischen Oberflächen- und Grundwasser beleben – möglicherweise mit negativen Folgen für die Grundwassernutzung.

Zwei gewaltige Flusskorrekturen in den vergangenen 150 Jahren haben die hydrologischen Verhältnisse im Rhonetal stark verändert und einen vormals lebendigen alpinen Fluss in ein monotones, verbautes Gerinne verwandelt. Unsichtbar, jedoch nicht weniger dramatisch, hat sich auch der Zustand des Grundwassers verändert: Die ehemals rege Interaktion zwischen Oberflächen- und Grundwasser ist heute stark eingeschränkt. Die ständigen Wasserstandsschwankungen des Schwall/Sunk-Betriebs (siehe Artikel von T. Meile auf S. 28) verstärken diesen Trend. Wird der Wasseraustausch infolge einer Revitalisierung wieder begünstigt, kann dies negativ auf die Grundwassernutzung wirken. Daher ist der hydraulische Aspekt bei Revitalisierungen besonders zu beachten, wenn es sich um einen Fliessgewässerabschnitt handelt, der zusätzlich vom Schwall/Sunk-Betrieb beeinflusst wird.

Verringerter Austausch durch Grundwasserabsenkung und Kolmation. Neben dem Hochwasserschutz hatten die Rhonekorrekturen auch zum Ziel, ehemaliges Schwemmland als Kultur- oder Siedlungsflächen nutzbar zu machen. Deshalb wurde nicht nur der Fluss kanalisiert, sondern auch der Talboden systematisch entwässert, was eine Absenkung des Grundwasserspiegels nach sich zog. Es entstand ein hydraulisches Gefälle zwischen Oberflächen- und Grundwasser, d.h. ein permanent ins Grundwasser gerichteter Wasserstrom [1]. Er ist dafür verantwortlich, dass feine Partikel aus den oberen Sedimentschichten weit in das Sediment hineingespült werden, sich dort ablagern und zur inneren Kolmation der Gewässersohle führen. Gleichzeitig bilden die verbleibenden grösseren Körner eine kompakte, unbewegliche Deckschicht (äussere Kolmation). In unbeeinflussten Gewässern wird das hydraulische Gefälle bei geringer Wasserführung des Flusses umgekehrt, so dass die Sohle freigespült wird (Dekolmation). Auch starke Hochwässer können die Dekolmation bewirken.

Naheliegender ist der Gedanke, dass die Flusssohle auch durch die «täglichen Hochwässer» in Fliessgewässerabschnitten mit Schwall/Sunk-Betrieb dekolmatiert wird. Dies ist jedoch nicht der Fall. Vielmehr wird die innere Kolmation der Flusssohle noch verstärkt: Durch kleinräumige Auf- und Abwärtsbewegungen, bedingt durch die häufigen Strömungswechsel, schichten sich die feinen Partikel effizient ein und füllen das Porensystem auf [2].

Schwall/Sunk beeinflusst die Kolmation in der Rhone. Durch unsere Untersuchungen anhand von Temperaturzeitreihen (Kasten) konnten wir den Einfluss des Schwall/Sunk-Betriebs auf die Kolmation in der Rhone nachweisen: Einerseits ist die Kolmation in Schwall/Sunk-belasteten Abschnitten verstärkt. Dort werden geringere Durchlässigkeiten ($K = 1 \times 10^{-5}$ m/s) als oberhalb des Kraftwerks ($K = 5 \times 10^{-5}$ m/s) gemessen. Andererseits hat sich im Uferbereich eine vertikale Zonierung unterschiedlicher Durchlässigkeiten ausgebildet. In der unteren Zone des permanent benetzten Uferbereichs liegen die Werte um $K = 11 \times 10^{-6}$ m/s. In der darüberliegenden Zone hingegen, die nur bei Schwall benetzt wird, ist die hydraulische Konduktivität um bis zu zwei Grössenordnungen, $K = 1,4 \times 10^{-4}$ m/s, höher, was für eine geringere Kolmation spricht.

Gewässerökologen und Grundwasserschützer an einen Tisch bringen. Oberflächengewässer tragen wesentlich zur Erhöhung der Grundwasservorräte bei und sorgen dafür, dass heute rund 80 % des Trinkwassers in der Schweiz aus Grundwasser gewonnen werden kann. Ein Teil davon, das Uferfiltrat, wird mit Hilfe von

Verschiedene Stufen der Kolmation: unkolmatierter (Töss) und stark kolmatierter Uferbereich (Rhone).



U. Schälchli, Schälchli, Abegg + Hunzinger

P. Baumann, Lirmex AG



Schwall und Sunk in der Rhone: tägliche Wasserspiegelschwankungen sichtbar an der Schneelinie.

Pumpwerken gefördert, die in unmittelbarer Flussnähe errichtet wurden. Meist kann dieses Uferfiltrat ohne weitere Aufbereitung an die Haushalte weitergegeben werden. Möglich wird dies durch die natürliche Reinigung des Wassers während der Bodenpassage

Bestimmung der Kolmation

Im Rahmen des Rhone-Thur-Projekts entwickelten wir eine einfache Methode, mit der die Kolmation anhand von Temperaturmessungen im Fluss- und Grundwasser abgeschätzt werden kann [3]. Aus dem Vergleich von Temperaturzeitreihen des Oberflächen- und Grundwassers können die advective Infiltrationsgeschwindigkeit und daraus der Durchlässigkeitsbeiwert K als indirektes Mass für Kolmation abgeschätzt werden. Der Wert K beschreibt die Wasserdurchlässigkeit von Materialien, meist Böden oder Gesteine. Er bewegt sich in der Natur üblicherweise in der Größenordnung zwischen $\sim 10^{-2}$ m/s (Kies) und $\sim 10^{-9}$ m/s (Ton).

zwischen Fluss und Pumpwerk. Kommt es nun infolge einer Revitalisierung zum Aufreissen der Kolmationsschicht, so wird der Untergrund durchlässiger, das Wasser erreicht das Pumpwerk schneller und weniger gut gereinigt. Die Aufwertung des Fliessgewässers wird dadurch zu einer potenziellen Gefahr für die Grundwassernutzung. Deshalb ist es wichtig, alle Beteiligten bereits in der Planungsphase einer Revitalisierung an einen Tisch zu holen und die spezifischen Gegebenheiten des Fliessgewässers detailliert zu charakterisieren: Wie ist die hydraulische Situation? Ist das Gewässer durch Schwall/Sunk beeinflusst? Wie stark sind die Gewässersohle und der Uferbereich kolmatiert? Gibt es in der Nähe Trinkwasserfassungen? Die Revitalisierung wird nur dann zu einem Erfolg, wenn Gewässerökologen und Grundwasserschützer an einem Strang ziehen. ○ ○ ○

- [1] Baumann P., Meile T. (2004): Makrozoobenthos und Hydraulik in ausgewählten Querprofilen der Rhone. *Wasser, Energie, Luft* 96 (11/12): 320–325.
- [2] Schächli U. (1993): Die Kolmation von Fliessgewässersohlen. Prozesse und Berechnungsgrundlagen. Bericht.
- [3] Fette M. *et al.* (2005): Temperature fluctuations as natural tracer for river-groundwater interaction under hydropeaking conditions. *Journal of Hydrology*, *submitted*.

Ende gut, alles gut? Ein Werkzeug für die Erfolgskontrolle



Christine Weber, Biologin,
Eawag
Koautoren: Sharon Woolsey und Armin Peter,
Eawag

Der Bagger ist weg, der Regenpfeifer zurück und die lokale Bevölkerung begeistert. Ist das Revitalisierungsprojekt also ein Erfolg? Das «Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen» hilft, diese Frage zu beantworten.

Eine abgeschlossene Revitalisierung ist leider nicht automatisch auch eine erfolgreiche. So zeigte eine amerikanische Studie, dass zahlreiche Habitataufwertungen wirkungslos und unbeständig waren [1]. Dennoch wird in vielen Revitalisierungsprojekten der Erfolg nie überprüft. Es bleibt unklar, ob die Ziele erreicht und die für das Projekt bereitgestellten Mittel effizient eingesetzt wurden. Damit bleiben wertvolle Impulse für zukünftige Projekte ungenutzt. Denn positive Erfolgskontrollen motivieren und lösen weitere Projekte aus, und Erfahrungen aus weniger erfolgreichen Projekten sind aufschlussreich. Ausserdem wird die Chance vertan, nach der Revitalisierung gezielte Anpassungen des Managementkonzepts (adaptives Management) vorzunehmen und damit verbleibende Mängel und Defizite zu beheben. Gründe für das Fehlen der Erfolgskontrolle sind:

- ▶ zu knappe finanzielle Mittel,
- ▶ Projektziele zu wenig klar formuliert,
- ▶ Angst vor Misserfolg,
- ▶ geeignete Anleitungen und Richtlinien fehlen.

Deshalb wurde im Rahmen des Rhone-Thur-Projekts ein Handbuch erarbeitet, das Schritt für Schritt beschreibt, wie eine Erfolgskontrolle durchgeführt werden kann [2, 3].

Projektziele sind die Basis der Erfolgskontrolle. Ein Revitalisierungsprojekt kann sehr unterschiedliche Ziele verfolgen. Sie beschreiben aber alle einen Optimalzustand, der durch Verbesserungen des Lebensraums erreicht werden soll. Beispielsweise will man die typischen Pflanzengemeinschaften eines Standortes fördern, die Trinkwasserversorgung sicherstellen und ein attraktives Naherholungsgebiet für die lokale Bevölkerung schaffen. Ein nachhaltiges Projekt verfolgt keine einseitige Zielsetzung. Vielmehr bezieht es alle drei Bereiche der Nachhaltigkeit gleichberechtigt mit ein (Abb. 1).

Die Erfolgskontrolle prüft, ob die einzelnen Ziele auch erreicht werden. Aufgrund der Fülle möglicher Projektziele beschränkt sich das Handbuch zur Erfolgskontrolle auf 14 Ziele (kursiv gedruckt in Abb. 1), wobei der Schwerpunkt im Bereich «Umwelt und Ökologie» liegt. Daneben thematisiert das Handbuch auch den Bereich

der Projektumsetzung anhand der Ziele «politische Akzeptanz» und «Stakeholder-Partizipation».

Die Projektziele anhand von Indikatoren bewerten. Eine wichtige Bedingung bei der Formulierung der Projektziele ist, dass sie bewertbar sind. Dazu sind konkrete, praxistaugliche Messgrößen nötig, so genannte Indikatoren. Sie zeichnen sich durch eine einfache Mess- und Interpretierbarkeit aus, sind kosteneffizient und nicht destruktiv [4].

Zudem müssen für jeden Indikator Referenzwerte erhältlich sein. Sie werden von Referenzsystemen abgeleitet und beschreiben den optimalen Zustand, der durch eine Revitalisierung erreicht werden soll. Ideale Referenzsysteme sind natürliche oder wenig

Abb. 1: Mögliche Projektziele einer Fließgewässerrevitalisierung. Sie sind den drei Elementen der Nachhaltigkeit [5] zugeteilt. Die im Handbuch näher behandelten Ziele sind kursiv gedruckt.

Gesellschaft: Schutz und Nutzen	Umwelt und Ökologie	Wirtschaft
nachhaltiger Hochwasserschutz	naturnahe Abflussregime	<i>Budgeteinhaltung</i>
<i>nachhaltige Trinkwasserversorgung</i>	<i>morphologische und hydraulische Variabilität</i>	Zunahme von Arbeitsplätzen
<i>hoher Erholungswert</i>	<i>naturnahe Geschiebehaushalt</i>	Steigerung des Immobilienwertes
	<i>naturnahe Temperaturregime</i>	
	<i>longitudinale Vernetzung</i>	
	<i>laterale Vernetzung</i>	
	<i>vertikale Vernetzung</i>	
	<i>naturnahe Wasserqualität</i>	
	<i>naturnahe Diversität und Abundanz der Flora</i>	
	<i>naturnahe Diversität und Abundanz der Fauna</i>	
	<i>funktionierende organische Kreisläufe</i>	

beeinflusste Fließgewässerabschnitte der gleichen geografischen Region. Leider sind solche Abschnitte kaum noch zu finden, das gilt insbesondere für die intensiv genutzten Gebiete des Schweizer Mittellandes. Daher greift man, wenn möglich, auf historische Referenzen zurück, z.B. alte Karten mit dem ursprünglichen Gewässerverlauf oder Aufzeichnungen des ursprünglichen Artenvorkommens. Oder man nutzt ein theoretisch rekonstruiertes Referenzsystem, das auf gewässerökologischen Konzepten und allgemeinen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruht – was allerdings einen erheblichen Interpretationsspielraum eröffnet.

Das Handbuch der Erfolgskontrolle beschreibt insgesamt 50 Indikatoren und ihre Referenzwerte. Daneben sind die für die Erhebung wichtigen Informationen wie das Aufnahmeverfahren und der zu erwartende Zeitaufwand angegeben. Viele Indikatoren, wie die Uferlänge (Kasten), wurden speziell für das Handbuch entwickelt. Andere Indikatoren beruhen auf bereits etablierten internationalen Methoden. Jeder Indikator charakterisiert ein oder mehrere Projektziele: beispielsweise ist der Indikator «Fische – Artenvorkommen und -häufigkeit» ein direktes Mass für das Projektziel «Naturnahe Diversität und Abundanz der Fauna»; gleichzeitig sind durch die vorkommenden Fischarten indirekte Rückschlüsse auf die Längsvernetzung des Gewässers möglich (Vorkommen oder Fehlen von Wander-Arten). Und jedes Projektziel wird möglichst durch verschiedene Indikatoren überprüft (Abb. 2).

Standardisierung der Indikatoren und Erfolgsbewertung. Die einzelnen Indikatoren weisen spezifische Einheiten auf wie Anzahl Individuen pro m² oder CHF. Damit die unterschiedlichen Grössen trotzdem einer gemeinsamen Beurteilung unterzogen werden können, müssen sie in standardisierte, dimensionslose Werte umgerechnet werden. Diese liegen zwischen 0 und 1 und spiegeln den Natürlichkeits- bzw. Zufriedenheitsgrad des untersuchten Indiktors wider. Für die meisten Indikatoren wird die Naturnähe mittels

Projektziele							Indikator
hoher Erholungswert	morphologische und hydraulische Variabilität	naturnaher Geschiebehalt	longitudinale Vernetzung	naturnahe Diversität und Abundanz Flora	naturnahe Diversität und Abundanz Fauna	funktionsfördernde organische Kreisläufe	
			●				Durchgängigkeit für Fische
	●	●	●		●		Altersstruktur von Fischpopulationen
	●	●	●		●		Artenvorkommen und -häufigkeit
	●	●	●		●		ökologische Gilden der Fische
			●	●			auentypische Pflanzenarten
			●	●	●	●	Zusammensetzung und Besiedlung von Schwemmgut durch Organismen
	●	●		●	●		Variabilität der Fließgeschwindigkeit
	●	●		●	●		Variabilität der maximalen Abflusstiefe
	●	●	●	●			Geschiebehalt
●							Besucherzahl
							Projektakzeptanz bei den Interessengruppen
							Zufriedenheit der Interessengruppen mit der Partizipation bei der Entscheidungsfindung
						●	Projektkosten

Abb. 2: Empfohlener Indikatorsatz für die Erfolgskontrolle bei Massnahmen zur Verbesserung der Längsvernetzung.

Beispiel: Indikator Uferlänge

Die Länge der Grenzlinie zwischen Wasser und Land wird als Mass für die laterale Vernetzung verwendet. Je länger die Grenzlinie, desto naturnäher ist der Zustand des Fließgewässers.

Wie geht man genau vor, wenn man diesen Indikator bei der Erfolgskontrolle verwenden will?

Als Beispiel sind Daten von der Aufweitung Schöffäuli an der Thur angegeben.

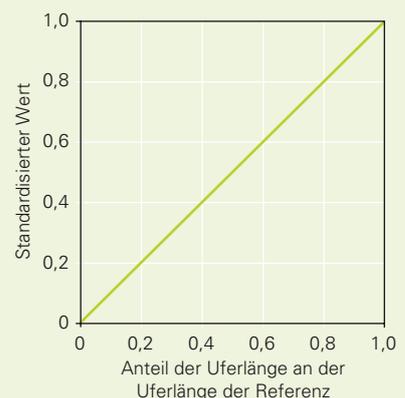
► **Datenerhebung:** Es werden drei Werte bestimmt. Der Referenzwert beschreibt die Länge der Gewässergrenzlinie pro Flusskilometer vor der Verbauung, er wird aus historischen Karten abgelesen. Für die Thur beträgt er 4,47 km/km (Wildkarte

des Kantons Zürich, 1862). Im Feld werden die Grenzlinienlängen vor und nach der Revitalisierung erhoben. Der Vorher-Wert beträgt 2,00 km/km und der Nachher-Wert 2,90 km/km.

► **Standardisierung:** Die Vorher- und Nachher-Werte teilt man jeweils durch den Referenzwert und führt sie anhand der dargestellten Funktion in dimensionslose Vorher- und Nachher-Indikatorwerte über. Für den Vorher-Zustand resultiert ein Indikatorwert von 0 nach dem Bau der Aufweitung beträgt er 0,4.

► **Bewertung:** Die Indikatorwerte werden in der Bewertungsmatrix (Abb. 3) miteinander verglichen. Daraus kann der

Erfolg oder Misserfolg der Massnahme abgelesen werden. Bezogen auf die Uferlinie darf die Aufweitung im Schöffäuli als kleiner Erfolg gewertet werden.



mathematischer Standardisierungsfunktionen bestimmt (Kasten). Wo dies nicht möglich ist, bewertet man den Natürlichkeitsgrad anhand mehrerer Kriterien und Klassen halb-quantitativ oder qualitativ.

Um eine Veränderung nach erfolgter Revitalisierung feststellen zu können, sind mindestens zwei Vergleichspunkte notwendig:

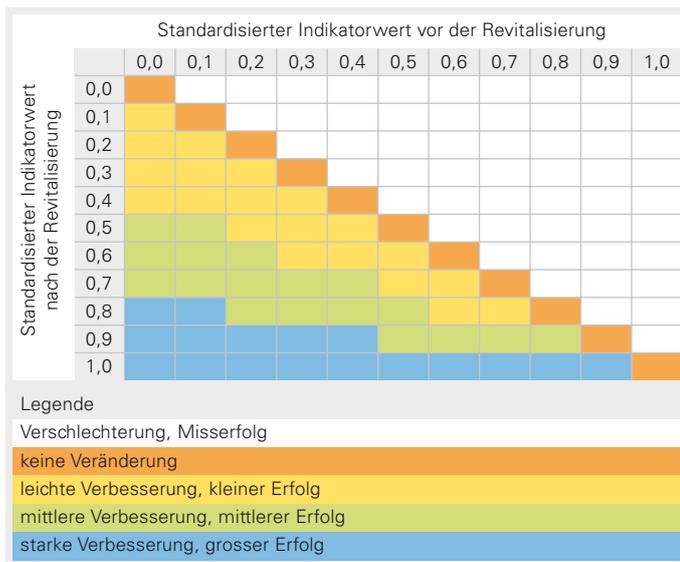


Abb. 3: Matrix zur Bewertung des Erfolgs einer Fließgewässerrevitalisierung.

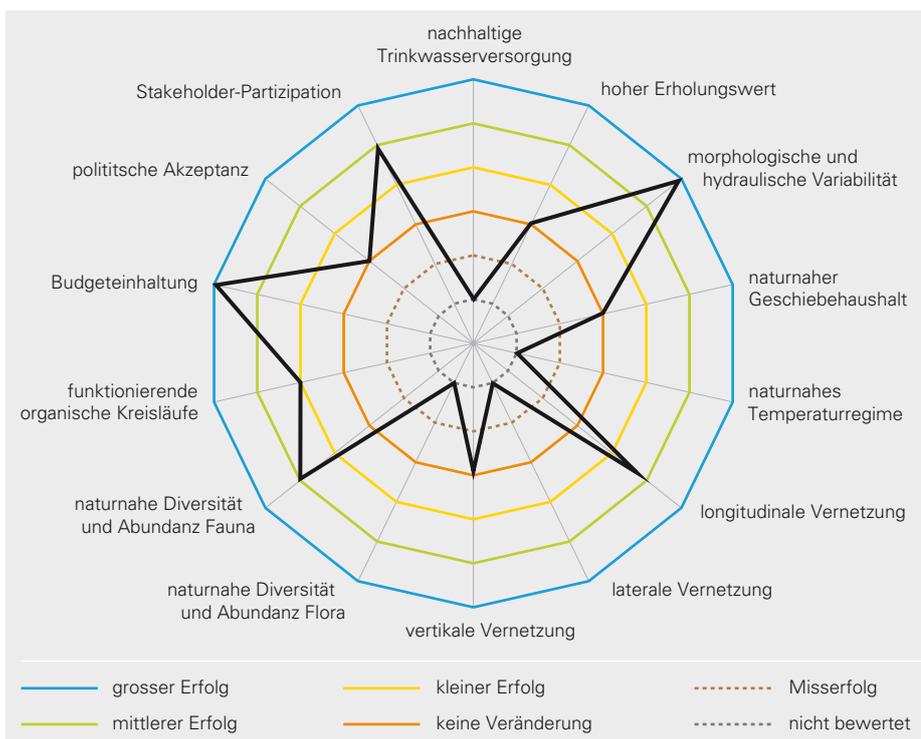
Einer beschreibt die Naturnähe vor Umsetzung (Vorher-Zustand) und ein zweiter nach abgeschlossener Revitalisierung (Nachher-Zustand). Dieser Vorher-Nachher-Vergleich der standardisierten Indikatorwerte ist die eigentliche Aufgabe der Erfolgskontrolle. Er wird anhand einer Bewertungsmatrix (Abb. 3) durchgeführt. Je nach Veränderung des Werts kommen fünf Erfolgskategorien in Frage. Dabei wird nicht nur der Grösse und Richtung der Veränderung Rechnung getragen, sondern es wird auch der Ausgangspunkt berücksichtigt. Eine Steigerung des Ausgangswerts um 0,3 wird je nach Ausgangszustand als kleiner (z.B. von 0,1 auf 0,4) oder mittlerer Erfolg (z.B. von 0,5 auf 0,8) verstanden (Abb. 4).

Die Bewertungsmatrix kann sowohl für einzelne Indikatoren als auch für alle Indikatoren eines Projektziels eingesetzt werden. Dazu werden die gemittelten Vorher-Nachher-Werte aller Indikatoren desselben Projektziels verwendet. Weil für den Bereich «Umwelt und Ökologie» sehr viele Ziele bestehen, die nur schwer als Ganzes fassbar sind, ist hier eine weitere Zusammenfassung möglich. Sie erfolgt anhand qualitativer Kriterien.

Um die verschiedenen Arbeitsschritte während der Erfolgskontrolle zu vereinfachen, steht im Handbuch eine Excel-Vorlage zur Verfügung.

Einheitliche und vereinfachte Erfolgskontrollen. Das Handbuch versteht sich als Hilfe und erster Schritt zur Vereinheitlichung der in der Schweiz durchgeführten Erfolgskontrollen. Nach einer zwei- bis dreijährigen Anwendungsphase soll Zwischenbilanz gezogen und das Handbuch, wenn nötig, überarbeitet werden. ○ ○ ○

Abb. 4: Ergebnisse einer fiktiven Erfolgskontrolle dargestellt als Radar-Diagramm.



- [1] Frissell C.A., Nawa, R.K. (1992): Incidence and causes of physical failure of artificial habitat structures in streams of western Oregon and Washington. *North American Journal of Fisheries Management* 12, 182–197.
- [2] Woolsey S., Weber C., Gonser T., Hoehn E., Hostmann M., Junker B., Roulier C., Schweizer S., Tiegs S., Tockner K., Peter A. (2005): Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fließgewässerrevitalisierungen. Publikation des Rhone-Thur-Projekts. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ, 112 S.
- [3] Woolsey S., Capelli F., Gonser T., Hoehn E., Hostmann M., Junker B., Paetzold A., Roulier C., Schweizer S., Tiegs S., Tockner K., Weber C., Peter A.: Assessing river restoration: Indicator selection based on project objectives (submitted).
- [4] Angermeier P.L., Karr J.R., (1994): Biological integrity versus biological diversity as policy directives. *BioScience* 44, 690–697.
- [5] BWG (2001): Hochwasserschutz an Fließgewässern: Wegleitung 2001. BWG, Biel, 72 S.

Rhone-Thur-Projekt aus Thurgauer Sicht

Die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Forschung, den verschiedenen Hochschulen und der Praxis war für mich herausfordernd, interessant und lehrreich. Das Besondere am Projekt war, dass Methoden und Instrumente am realen Objekt entwickelt wurden. Die Bewährungsprobe ist noch ausstehend, an anderen Gewässern und in der Praxis. Das Projekt ist in diesem Sinne nicht fertig. Mein Wunsch an die kantonalen Wasserbaufachstellen und an die Wasserbauingenieure: Nutzt die Handbücher, die Instrumente bei euren nächsten Projekten und gebt Rückmeldung, damit sie weiterentwickelt werden können.

Viele Disziplinen der Naturwissenschaften, des Ingenieurwesens und der Sozialwissenschaften sind beim Rhone-Thur-Projekt zusammengekommen. Dadurch haben sich neue Netzwerke und Plattformen für das erfolgreiche Zusammenarbeiten unterschiedlicher Disziplinen gebildet. Zusammenkommen, zusammen arbeiten, zusammen lernen; quer, breit, vernetzt, das hat das Rhone-Thur-Projekt ausgezeichnet.

Besonders wichtig für mich waren zwei Aspekte:

► Die Resultate der sozio-wissenschaftlichen Studien: Was passiert alles «neben» dem eigentlichen Planungsprozess und welche Faktoren beeinflussen ein Wasserbauprojekt? Jedes Projekt steht in einem historischen, politischen und räumlichen Umfeld. Wenn dies vom Projektleiter erkannt wird, dann wird das Planen nicht einfacher, dafür aber das Verhandeln mit den Betroffenen.

► Die Möglichkeit, Ideen aus der Praxis direkt in die Forschung einbringen zu können. Ein gutes Beispiel ist das Thema «Biber». Der Anstoss aus der Praxis führte zu einer Diplomarbeit und die Resultate wurden anschliessend in einer Kantonsratsdebatte vorgestellt. ○ ○ ○



Marco Baumann,
Leiter der Abteilung Wasserwirtschaft/Wasserbau
im Amt für Umwelt des Kantons Thurgau

Gefragt sind einfache Instrumente

Die Stiftung Praktischer Umweltschutz Schweiz Pusch fördert die Umsetzung von Massnahmen zu Gunsten der Umwelt. Sie wendet sich an VertreterInnen von lokalen Behörden und Organisationen. Eine der wichtigsten Fragen, die sich uns immer wieder stellt, ist: wie können wir lokale Akteure dazu motivieren, etwas für die Umwelt zu tun, zum Beispiel ein Gewässer aufzuwerten oder auszuladen? Und mit welchen Argumenten können wir sie gewinnen?

Zu unterscheiden ist dabei, ob sich das Gewässer und das umliegende Land in öffentlichem oder privatem Besitz befinden. Von der öffentlichen Hand darf man erwarten, dass sie sich mit der Förderung von Natur, Landschaft und Lebensräumen auseinandersetzt. Immerhin ist sie ja von Gesetzes wegen dazu verpflichtet.

Ein privater Grundbesitzer oder ein Landwirt hingegen dürfte sich in der Regel kaum dafür interessieren. Für ihn stehen praktische und finanzielle Aspekte im Vordergrund. Kann er sein Land nachher noch effizient bewirtschaften? Erleidet er Produktions- und Einnahmeausfälle? Falls ja, wie kann er diese kompensieren?

Ergänzend zu den in diesem Heft präsentierten Forschungsergebnissen sehe ich deshalb zwei weitere Bedürfnisse: Wir brauchen Planungs- und Beurteilungsinstrumente, die wissenschaftlichen Ansprüchen genügen und gleichzeitig einfach genug sind, damit sie auch bei kleineren Objekten mit tragbarem Aufwand eingesetzt werden können. Zudem wäre ein Set von Argumentarien und guten Fallbeispielen hilfreich. Damit können Grundbesitzer und Landwirte für Revitalisierungen gewonnen werden, die nicht a priori für Anliegen der Natur offen sind. Solche Unterlagen sollen aber ehrlich genug sein und auch die Nachteile aufzeigen. ○ ○ ○



Ion Karagounis,
Geschäftsleiter Stiftung
Praktischer Umweltschutz
Schweiz Pusch

Werkstatt Gewässerentwicklung

Der Mensch gestaltet die Gewässer nach seinen Vorstellungen. In der Schweiz waren bis ca. 1980 Nutzungs- und Hochwasserschutzinteressen dominant. Ökologische und ästhetische Anliegen wurden wenig berücksichtigt. Die Wasserbauer stellten das nötige Instrumentarium zur Verfügung und für die Verbauung der Gewässer waren Expertenmeinungen massgebend. In den vergangenen 20 Jahren haben sich die Sichtweisen stark verändert.

Heute stellt man sich immer öfter die Frage, welche verschiedenen Funktionen ein Gewässer in Zukunft erfüllen soll. Spielen Naturschutz, Erholung, Tourismus, Wasserversorgung, Landwirtschaft, Wasserkraftnutzung oder Kombinationen davon eine Rolle? Darüber sollen nicht mehr vor allem Experten entscheiden, sondern alle, die davon betroffen sind. Es braucht deshalb neue Ansätze zur Beurteilung der Entwicklungsoptionen für Gewässer.

Im Rhone-Thur-Projekt wurden dafür wissenschaftliche Grundlagen erarbeitet sowie Methoden entwickelt und erprobt. Besondere Beachtung fanden Instrumente zur Prognose und Überprüfung der Auswirkungen von Massnahmen sowie das Vorgehen zur Entscheidungsbildung unter Einbezug der wichtigen Akteure und Betroffenen.

Die neuen Ansätze erfordern ein Zusammenwirken verschiedenster Disziplinen und Interessengruppen. Diese «Transdisziplinarität» stellt für die Wissenschaft eine grosse Herausforderung dar. Die Eawag will sich als Werkstatt für einen gesamtheitlichen Umgang mit den Gewässern profilieren. Im Alleingang kann die Werkstatt allerdings nicht betrieben werden. Wir sind, wie schon im Rhone-Thur-Projekt, auf tragfähige Partnerschaften angewiesen. Dafür werden wir uns in den kommenden Jahren einsetzen – im Wissenschaftsbereich und darüber hinaus. ○ ○ ○



Ueli Bundi,
Direktor a.i. Eawag

Publikationen Rhone-Thur-Projekt

Unvollständige Literaturliste. Weitere Publikationen werden bis Mitte 2007 erscheinen.

Ein Grossteil der Publikationen ist erhältlich als PDF-Datei: www.rhone-thur.eawag.ch/publikationen.html und www.rivermanagement.ch

Syntheseberichte

Hostmann M., Buchecker M., Ejderyan O., Geiser U., Junker B., Schweizer S., Truffer B., Zaugg Stern M. (2005): Wasserbauprojekte gemeinsam planen. Handbuch für die Partizipation und Entscheidungsfindung bei Wasserbauprojekten. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ. Publikation des Rhone-Thur-Projekts, 48 S.

Meile T., Baumann P. Fette M. (2005): Synthesebericht Schwall-Sunk. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ. Publikation des Rhone-Thur Projekts, 48 S.

Rohde S. (2005): Integrales Gewässermanagement, Erkenntnisse aus dem Rhone-Thur-Projekt, Synthesebericht Gerinneaufweitungen. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, 69 S.

Vetsch D., Fäh R., Farshi D., Müller R., Minor H.-E. (2005): Basement – Synthesebericht Teil A: Einleitung und Softwaretechnische Aspekte. VAW/ETH Zürich.

Vetsch D., Fäh R., Farshi D., Müller R. (2005): Basement – Synthesebericht Teil B: Implementierte Modelle für Hydraulik und Sedimenttransport. VAW/ETH Zürich.

Vetsch D., Fäh R., Farshi D., Müller R., Minor H.-E. (2005): Basement – System manuals: user, reference and development. VAW/ETH Zürich.

Woolsey S., Weber C., Gonser T., Hoehn E., Hostmann M., Junker B., Roulier C., Schweizer S., Tiegs S., Peter A. (2005): Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fliessgewässerrevitalisierungen. Publikation des Rhone-Thur Projekts. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ, 112 S.

Schlussberichte

Baumann P. (2004): Revitalisierung und Benthos der Rhone. Schlussbericht SP I-6, Rhone-Thur-Projekt, Eawag, WSL, Linnex AG, 120 S.

Baumann P., Meile T. (2004): Makrozoobenthos und Hydraulik in ausgewählten Querprofilen der Rhone. Wasser, Energie, Luft 96, 320–325.

Chevre Ph. (2004): Influence de la macro-rugosité d'un enrochement sur la charriage et l'érosion en courbe. Communication du Laboratoire de Constructions Hydrauliques N° 19, LCH – EPFL, Editeur: A. Schleiss.

Fette M., Hoehn E., Wehrli B. (2004): Infiltration von Flusswasser ins Grundwasser. Wasser, Energie, Luft 96, 301–304.

Imhof B., Baumann P., Portmann M. (2004): Schwebstoffe in der Rhone von 1904 bis 2003. Wasser, Energie, Luft 96, 318–319.

Meier W., Wüest A. (2004): Wie verändert die hydroelektrische Nutzung die Wassertemperatur der Rhone? Wasser, Energie, Luft 96, 305–308.

Meier W., Frey M., Moosmann L., Steinlin S., Wüest A. (2004): Schlussbericht Rhone Ist-Zustand. Rhone-Thur-Projekt, Subprojekt I-2: Wassertemperaturen und Wärmehaushalt der Rhone und ihrer Seitenbäche. Eawag, Kastanienbaum, 102 S.

Peter A., Weber C. (2004): Die Rhone als Lebensraum für Fische. Wasser, Energie, Luft 96, 326–330.

Portmann M., Baumann P., Imhof B. (2004): Schwebstoffhaushalt und Trübung der Rhone. Publikation des Rhone-Thur-Projekts. 42 S.

Roulier C., Vadi G. (2004): Erfolgskontrolle der Vegetationsdynamik. Wasser, Energie, Luft 96, 309–314.

Tockner K., Karas U., Paetzold A., Blaser S. (2004): Ökologischer Zustand der Rhone: Benthische Evertebraten und Uferfauna. Wasser, Energie, Luft 96, 315–317.

Weitere Berichte und Artikel

Borsuk M.E., Reichert P., Peter A., Schager E., Burkhardt-Holm P. (2006): Assessing the decline of brown trout (*Salmo trutta*) in Swiss rivers using a Bayesian probability network. Ecological Modelling 192, 224–244.

Chevre Ph., Schleiss A. (2005): Einfluss der Makrorauigkeit eines geschlängelten Blockwurfes auf den Sedimenttransport und Kolkerscheinungen. Wasser, Energie, Luft 97, 154–158.

Coops H., Tockner K., Amoros C., Hein T., Quinn G. (2005): Science-based management of large river-floodplains. In: J.T.A. Verhoeven, B. Beltman, R. Bobbink, D.F. Whigham (eds) Wetlands as a natural resource. Volume 1. Wetlands and Natural Resource Management. Ecological Studies Vol AAA. Springer, Berlin.

Ejderyan O. (2004): Science «d'après fait» et science «en train de se faire» dans un processus participatif de prise de décision. Le cas de la renaturation de la Seymaz dans le canton de Genève. In: H.-J. Scarwell, M. Franchomme (dir.). Contraintes environnementales et gouvernance des territoires. La Tour d'Aigues. Éditions de l'Aube, p. 309–316.

Fette M., Kipfer R., Schubert C.J., Hoehn E., Wehrli B. (2005): Assessing river-groundwater exchange in the regulated Rhone River (Switzerland)

using stable isotopes and geochemical tracers. Applied Geochemistry 20, 701–712.

Fette M., Weber C., Peter A., Wehrli B. (2006): Hydropower production and river rehabilitation: A case study on an alpine river. Environmental Modeling and Assessment (in press).

Farshi D., Komaei S. (2005): Finite volume model for two-dimensional shallow water flows on unstructured grids. Journal of Hydraulic Engineering 131, 1147–1148.

Farshi D., Minor H.-E. (2004): A finite volume method for solving SWE in rivers on complex topographies. Hydraulics of Dams and River Structures, ISBN 90-5809-632-7.

Frey M., Schmid M., Wüest A. (2003): Einfluss von Aufweitungen auf das Temperaturregime der Thur. Eawag, Kastanienbaum, 36 S.

Frey M., Moosmann L., Meier W. (2003): Bericht über die Messung in den Staueisen: Lac des Dix, Lac de Mauvoisin und Lac d'Emosson. Eawag, Kastanienbaum, 11 S.

Heller Ph. (2006): Analyse et objectifs de gestion d'un aménagement hydraulique fluvial à buts multiples. Wasser, Energie, Luft 98, 10–15.

Hostmann M., Bernauer T., Mosler, H.J., Reichert P., Truffer B. (2006): Multi-attribute value theory as a framework for conflict resolution in river rehabilitation. Journal of Multiple Criteria Decision Analysis (in press).

Hostmann M., Borsuk M., Reichert P., Truffer B. (2005): Stakeholder values in decision support of river rehabilitation. Large Rivers 15, No 1-4, Archiv für Hydrobiologie Suppl. 155/1-4, 491–505.

Jansson R., Backx H., Boulton A.J., Dixon M., Dudgeon D., Hughes F.M.R., Nakamura K., Stanley E.H., Tockner K. (2005): Stating mechanisms and refining criteria for ecologically successful river restoration: a comment on Palmer *et al.* (2005). Journal of Applied Ecology 42, 218–222.

Kienast F., Peter A., Geiser U. (2004): Wasserbauer werden zu Moderatoren. Raum und Umwelt: Revitalisierung von Flussläufen. Kommunalmagazin, Nr. 10, 4 S.

Küttel S., Peter A., Wüest A. (2002): Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten Schweizerischer Fliessgewässer. Eawag, Kastanienbaum, 39 S.

Meile T., Schleiss A., Boillat J.-L. (2005): Entwicklung des Abflussregimes der Rhone seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts, Wasser, Energie, Luft 97, 133–142.

- Meile T.** (2005): Flussbauliche Massnahmen zur Verminderung von Schwall- und Sunkerscheinungen infolge Kraftwerkbetrieb. Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz 43, 85–90.
- Nakamura K., Tockner K.** (2006): River and wetland restoration: Lessons from Japan. *BioScience* (in press).
- Paetzold A., Langhans S., Sadler J.P., Findlay S., Tockner K.** (2006): Aquatic-terrestrial interactions along river corridors. In: P.J. Wood, D.M. Hannah, J.P. Sadler (eds.) *Hydroecology and Ecohydrology: Past, Present and Future*. Wiley.
- Paetzold A., Bernet J., Tockner K.** (2006): Consumer-specific responses to riverine subsidy pulses in a riparian arthropod assemblage. *Freshwater Biology* (in press).
- Paetzold A., Schubert C.J., Tockner K.** (2005): Aquatic-terrestrial linkages along a braided-river: Riparian arthropods feeding on aquatic insects. *Ecosystems* 8, 748–759.
- Paetzold A., Tockner K.** (2005): Effects of riparian arthropod predation on the biomass and abundance of aquatic insect emergence. *Journal of the North American Benthological Society* 24, 395–402.
- Peter A., Kienast F., Woolsey S.** (2005): River rehabilitation in Switzerland: scope, challenges and research. *Large Rivers* 15. No. 1-4, Archiv für Hydrobiologie Suppl. 155/1-4, 643–656.
- Reichert P., Borsuk M., Hostmann M., Schweizer S., Spörri C., Tockner K., Truffer B.** (2006): Concepts of decision support for river rehabilitation. *Environmental Modelling and Software* (in press).
- Rohde S.** (2005): Flussaufweitungen lohnen sich! Ergebnisse einer Erfolgskontrolle aus ökologischer Sicht. *Wasser, Energie, Luft* 97, 105–112.
- Rohde S.** (2005): Hochwasserschutz und Ökologie. *Natur und Mensch* 4, 11–18.
- Rohde S., Kienast F., Bürgi M.** (2004): Assessing the restoration success of river widenings: A landscape approach. *Environmental Management* 34, 574–589.
- Rohde S., Schütz M., Englmaier P.** (2005): River widening: an approach to restoring riparian habitats and plant species. *River research and applications* 21, 1075–1094.
- Rohde S., Hostmann M., Peter A., Ewald K.C.** (2005): Room for rivers: An integrative search strategy for floodplain restoration. *Landscape and Urban planning* (in press). Available online 21 November 2005
- Schager E., Peter A.** (2005): Bedrohte strömungsliebende Cypriniden in der Thur: Status und Zukunft. Studie im Auftrag von: AWEL Zürich, Departement für Bau und Umwelt Thurgau, Amt für Jagd und Fischerei St. Gallen. Eawag, Kastanienbaum, 76 S.
- Schleiss A.** (2005): Flussbauliche Hochwasserschutzmassnahmen und Verbesserung der Gewässerökologie – Vorschlag eines hydraulisch-morphologischen Vielfältigkeitsindex. *Wasser, Energie, Luft* 97, 195–200.
- Schleiss A.** (2006): Mögliche Synergien zwischen Hochwasserschutz, Flussrevitalisierung und Wasserkraft dank innovativer Mehrzweckprojekte. *Wasser, Energie, Luft* 98, 3–9.
- Schleiss A.** (2005): Mögliche Synergien zwischen Hochwasserschutz, Flussrevitalisierung und Wasserkraft dank innovativer Mehrzweckprojekte. Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet des Hochwasserschutzes – Konferenz über angewandte Forschung im Rahmen der 3. Rhonekorrektur, Martigny, Communications du Laboratoire de Constructions Hydrauliques Nr. 21, LCH – EPFL, 155-169.
- Tockner K.** (2003): Totholz – entsorgungspflichtig oder wertvoll? *Petri Heil* 43.
- Tockner K.** (2005): Linking pattern and processes along river corridors. In G.E. Petts, B. Kennedy (eds.) *Emerging concepts for integrating human and water needs in river basin management*. Birmingham, UK p.14–20.
- Tockner K., Langhans S.** (2003): Die ökologische Bedeutung des Schwemmgutes. *Wasser, Energie, Luft* 95, 353–354.
- Tockner K., Peter A.** (2003): Totholz und Schwemmgut. *Wasser, Energie, Luft* 95, 352–374.
- Tockner K., Peter A.** (2002): Totholz spielt im Ökosystem der Gewässer eine wichtige Rolle. *Kommunalmagazin* 10, 31.
- Tockner K. et al.** (2003): The Tagliamento River: A model ecosystem of European importance. *Aquatic Sciences* 65, 239–253.
- Tockner K., Paetzold A., Karaus U., Claret C., Zettel J.** (2006): Ecology of braided rivers. In: G.H. Sambrook Smith, J.L. Best, C. Bristow, G.E. Petts (eds.) *Braided Rivers*. IAS Special Publication, Blackwell Science, Oxford (in press).
- Tockner K., Paetzold A., Karaus U., Claret C., Zettel J.** (2004): Ecology of braided rivers. IAS Special Publication, 51 p.
- Vadi G., Roulier C., Gobat J.-M.** (2006): Erfolgskontrolle der Vegetationsdynamik. Thur: Stand der Forschung 2005. *Wasser, Energie, Luft* (im Druck).
- Vetsch D., Fäh R., Farshi D., Müller R.** (2005): BASEMENT – Ein objektorientiertes Softwaresystem zur numerischen Simulation von Naturgefahren. Mitteilung der VAW Nr. 190, ETH Zürich, 201–212.
- Zaugg M.** (2002): More Space for running waters: Negotiating institutional change in the Swiss flood protection system. *GeoJournal* 58, 275–284.
- Zaugg M.** (2003): Mehr Raum den Fliessgewässern – Der Weg zu einem nachhaltigen Hochwasserschutz. *GAIA* 3, 201–207.
- Zaugg Stern M.** (2006): Philosophiewandel im schweizerischen Wasserbau. Zur Vollzugspraxis des nachhaltigen Hochwasserschutzes. Schriftenreihe Humangeographie, Bd. 20. Zürich: GIUZ.
- Zaugg M., Ejderyan O., Geiser U.** (2004): Normen, Kontext und konkrete Praxis des kantonalen Wasserbaus. Resultate einer Umfrage zu den Rahmenbedingungen der kantonalen Ämter oder Fachstellen für Wasserbau bei der Umsetzung der eidgenössischen Wasserbaugesetzgebung. Schriftenreihe Humangeographie, Bd. 19, 96 S.

Dissertationen

Bratrich C. (2004): Kennzeichen erfolgreicher Revitalisierungsprojekte: Planung, Bewertung und Entscheidungsprozesse im Fliessgewässer Management. ETH Zürich und Eawag Kastanienbaum, 343 S.

Fette M. (2005): Tracer Studies of River-Groundwater Interaction under Hydropeaking Conditions. ETH Zurich and Eawag Kastanienbaum, 117 p.

Glenz C. (2005): Process-based, spatially-explicit modelling of riparian forest dynamics in Central Europe – Tool for decisionmaking in river restoration. EPF Lausanne, 220 p.

Hostmann M. (2005): Decision support for river rehabilitation. ETH Zurich and Eawag Kastanienbaum, 170 p.

Karaus U., Guillon H., Tockner K. (2004): The contribution of lateral aquatic habitats to macroinvertebrate diversity along river corridors. In: U. Karaus, *The ecology of lateral aquatic habitats along river corridors*. Diss. ETH Zurich.

Paetzold A. (2005): Life at the edge – aquatic and terrestrial interactions along river corridors. ETH Zurich and Eawag Dübendorf.

Rohde S. (2004): River restoration: Potential and limitations to re-establish riparian landscapes. Assessment & Planning. ETH Zurich and WSL Birmensdorf, 133 p.

Zaugg M. (2005): Mehr Raum den Fliessgewässern! Eine strukturtheoretische Analyse des institutionellen Wandels im schweizerischen Hochwasserschutz seit den 1970er Jahren. Universität Zürich, Zürich: GIUZ.

Publikationen

Die hier aufgelisteten und alle weiteren Eawag-Publikationen können als PDF-Dateien heruntergeladen werden: <http://library.eawag.ch/ris/risweb.isa>
Suche nach Autor, Titel oder Stichwort möglich. Bei Problemen: bibliothek@eawag.ch

- [4410] **Meier W.K., Reichert P.** (2005): Mountain streams – modeling hydraulics and substance transport. *J. Environ. Eng.-ASCE* 131, (2), 252–261.
- [4411] **Reichert P.** (2005): UNCSIM – a computer programme for statistical inference and sensitivity, identifiability, and uncertainty analysis. In: «Proceedings of the 2005 European Simulation and Modelling Conference (ESM 2005)», (Eds.). Porto, Portugal, 51–55.
- [4412] **Mieleitner J., Reichert P.** (2005): Modelling functional groups of algae in Lake Zürich. In: «Proceedings of the 2005 European Simulation and Modelling Conference (ESM 2005)», (Eds.). Porto, Portugal, 256–261.
- [4418] **Holtmann X., Bader H.-P., Scheidegger R.R.W.** (2005): SIMBOX-FUZZY: ein Tool zur Bewertung von Stoffflüssen basierend auf unscharfem Wissen. In: «Simulation in Umwelt- und Geowissenschaften, Workshop Dresden», J. Wittmann X.N. Thinh (Eds.). Shaker Verlag Aachen, 11.
- [4419] **Lorke A., Wüest A.** (2005): Application of coherent ADCP for turbulence measurements in the bottom boundary layer. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 22, (11), 1821–1828.
- [4420] **Trang P.T.K., Van N., Mui, Viet P.H., Berg M., Tanabe S.** (2005): Arsenic species in urine samples collected from individuals using arsenic polluted ground water in Vietnam. *Proceedings of the Bao cao Khoa hoc, Hoi nghi Toan, Hanoi, Vietnam* 807–811.
- [4421] **McCracken K.G., Beer J., McDonald F.B.** (2005): The long-term variability of the cosmic radiation intensity at earth as recorded by the cosmogenic nuclides. In: «The solar system and beyond the years of ISSI», J. Geiss B. Hultqvist (Eds.). ESA Publications Divisions, The Netherlands, 83–98.
- [4422] **Trang P.T.K., Berg M., Hue N.T.M., Nhat V.M.L., Hong B., Dau P.T., Hao T.T., Mui N.V., Viet P.H.** (2005): Chronic arsenic intoxication from tubewell water at some areas in the Red River and Mekong River Deltas. *Vietnam Journal of Practical Medicine* 9, (519), 14–17.
- [4423] **Ha C.T., Chieu L.V., Khoi N.V., Mat B.V., Anh N.N., Berg M.** (2005): Improving the supply water quality of Hanoi. Part 1: current situation of supply water and challenges for treatment technology. *Magazine of the Vietnam Water Supply and Sewerage Association (VWSA)* 7, 31–35.
- [4424] **Ha C.T., Chieu L.V., Khoi N.V., Mat B.V., Anh N.N., Berg M.** (2005): Improving the supply water quality of Hanoi. Part 2: Ammonium removal for improving supply water quality. *Magazine of the Vietnam Water Supply and Sewerage Association (VWSA)* 9, 38–40.
- [4435] **Hassler C.S., Behra R., Wilkinson K.J.** (2005): Impact of zinc acclimation on bioaccumulation and homeostasis in *Chlorella kesslerii*. *Aquat. Toxicol.* 74, (2), 139–149.
- [4436] **Ciani A., Goss K.-U., Schwarzenbach R.P.** (2005): Determination of molar absorption coefficients of organic compounds adsorbed in porous media. *Chemosphere* 61, (10), 1410–1418.
- [4437] **Steiner M., Boller M.** (2005): Adsorbersysteme für die Kupfer- und Zinkentfernung aus Dachwasser. *Schweizer Baujournal* 2, 15.
- [4438] **Schulz T., Ingensand H., Steiner M.** (2005): Laser scanning and noise reduction applied to 3D road surface analysis. In: «7th Optical 3-D Measurement Technique Conference», A. Grün H. Kahmen (Eds.). Vienna, Austria, 135–143.
- [4439] **Mosler H.-J.** (2005): Modelling environmental behaviour: socio-psychological simulation. In: «Alternatives for environmental valuation», M. Getzner, C.L. Spash S. Stagl (Eds.). Routledge, Abingdon, 69–95.
- [4440] **Mosler C., Mosler H.-J.** (2005): Vom Erkennen zum Handeln – was naturverträgliches Verhalten erleichtert und was es erschwert. In: «Freizeitaktivitäten im Lebensraum der Alpentiere – Konfliktbereich zwischen Mensch und Tier», P. Ingold (Eds.). Haupt, Bern, 404–410.
- [4441] **Schwarz G., Mosler H.-J.** (2005): Investigating escalation processes in peace support operations: an agent-based model about collective aggression. In: «Representing social reality», K.G. Troitzsch (Eds.). *Proceedings of the Third Conference of the European Social Simulation Association*, Koblenz, Fölbach, 191–197.
- [4442] **Mosler H.-J., Tamas A., Tobias R., Caballero Rodríguez T., Guzmán Miranda O.** (2005): Produced household waste and the recycling and disposal strategies of the population of Santiago de Cuba. In: «Waste the social context», (Eds.). Edmonton, Alberta/Canada, 6B2-1-6B2-11.
- [4443] **Tamas A., Mosler H.-J., Tobias R., Caballero Rodríguez T., Guzmán Miranda O.** (2005): Factors determining the intentions to reuse, separate and compost household waste in the city of Santiago de Cuba. In: «Waste the social context», (Eds.). Edmonton, Alberta/Canada, 5A3-1-5A3-9.
- [4444] **Colautti R.I., Manca M., Viljanen M., Kettlelaars H.A.M., Burgi H., Macisaac H.J., Heath D.D.** (2005): Invasion genetics of the Eurasian spiny waterflea: evidence for bottlenecks and gene flow using microsatellites. *Mol. Ecol.* 14, (7), 1869–1879.
- [4445] **Dow S.M., Barbeau B., von Gunten U., Chandrakanth M., Amy G., Hernandez M.** (2006): The impact of selected water quality parameters on the inactivation of *Bacillus subtilis* spores by monochloramine and ozone. *Water Res.* 40, (2), 373–382.
- [4446] **Luo J., Cirpka O.A., Fienen M.N., Wu W.-M., Mehlhorn T.L., Carley J., Jardine P.M., Criddle C.S., Kitanidis P.K.** (2006): A parametric transfer function methodology for analyzing reactive transport in nonuniform flow. *J. Contam. Hydrol.* 83, (1–2), 27–41.
- [4447] **Tockner K., Surian N., Toniutti N.** (2005): Geomorphologie, Ökologie und nachhaltiges Management einer Wildflusslandschaft am Beispiel des Fiume Tagliamento (Friaul, Italien) – ein Modell-ökosystem für den Alpenraum und ein Testfall für die EU-Wasserrahmenrichtlinie. In: «Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt», (Eds.). München, 3–17.
- [4448] **Neiman A., Jokela J., Lively C.M.** (2005): Variation in asexual lineage age in *Potamopyrgus antipodarum*, a New Zealand snail. *Evolution* 59, (9), 1945–1952.
- [4449] **Klump S., Kipfer R., Cirpka O.A., Harvey C.F., Brennwald M.S., Ashfaq K.N., Badruzzaman A.B.M., Hug S.J., Imboden D.M.** (2006): Groundwater dynamics and arsenic mobilization in Bangladesh assessed using noble gases and tritium. *Environ. Sci. Technol.* 40, (1), 243–250.
- [4450] **Schubert C.J., Durisch-Kaiser E., Klauser L., Vazquez F., Wehrli B., Holzner C.P., Kipfer R., Schmale O., Greinert J., Kuypers M.M.M.** (2006): Recent studies on sources and sinks of methane in the Black Sea. In: «Past and Present Water Column Anoxia», L.N. Neretin (Eds.). Springer, 419–441.
- [4452] **Lacqua A., Wanner O., Colangelo T., Martinotti M.G., Landini P.** (2006): Emergence of biofilm-forming subpopulations upon exposure of *Escherichia coli* to environmental bacteriophages. *Appl. Environ. Microbiol.* 72, (1), 956–959.
- [4453] **Rieger L., Thomann M., Gujer W., Siegrist H.** (2005): Quantifying the uncertainty of on-line sensors at WWTPs during field operation. *Water Res.* 39, (20), 5162–5174.
- [4454] **Spycher S., Escher B., Gasteiger J.A.** (2005): QSAR Model for the Intrinsic Activity of Uncouplers of Oxidative Phosphorylation. *Chem. Res. Toxicol.* 18, 1858–1867.
- [4457] **Buesing N., Gessner M.O.** (2006): Benthic bacterial and fungal productivity and carbon turnover in a freshwater marsh. *Appl. Environ. Microbiol.* 72, (1), 596–605.

- [4458] **Dang C.K., Chauvet E., Gessner M.O.** (2005): Magnitude and variability of process rates in fungal diversity-litter decomposition relationships. *Ecol. Lett.* 8, (11), 1129–1137.
- [4459] **Hari R., Livingstone D.M., Siber R., Burkhardt-Holm P., Güttinger H.** (2006): Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Glob. Change Biol.* 12, (1), 1377–1388.
- [4460] **Livingstone D.M., Lotter A.F., Kettle H.** (2005): Altitude-dependent differences in the primary physical response of mountain lakes to climatic forcing. *Limnol. Oceanogr.* 50, (4), 1313–1325.
- [4461] **Livingstone D.** (2005): Anthropogenic influences on the environmental status of remote mountain lakes. *Aquatic Sciences – Research Across Boundaries* 67, (3), 221–223.
- [4462] **Chèvre N., Loepfe C., Singer H., Stamm C., Fenner K., Escher B.I.** (2006): Including mixtures in the determination of water quality criteria for herbicides in surface water. *Environ. Sci. Technol.* 40, (2), 426–435.
- [4463] **Zhou Z., Ballentine C.J., Kipfer R., Schoell M., Thibodeaux S.** (2005): Noble gas tracing of groundwater/coalbed methane interaction in the San Juan Basin, USA. *Geochim. Cosmochim. Acta* 69, (23), 5413–5428.
- [4464] **Jankowski T., Strauss T., Ratte H.T.** (2005): Trophic interactions of the freshwater jellyfish *Craspedacusta sowerbii*. *J. Plankton Res.* 27, (8), 811–823.
- [4466] **Johnson C.A., Moench H., Wersin P., Kugler P., Wenger C.** (2005): Solubility of antimony and other elements in samples taken from shooting ranges. *J. Environ. Qual.* 34, (1), 248–254.
- [4467] **McDowell D.C., Huber M.M., Wagner M., Von Gunten U., Ternes T.A.** (2005): Ozonation of carbamazepine in drinking water: Identification and kinetic study of major oxidation products. *Environ. Sci. Technol.* 39, (20), 8014–8022.
- [4469] **Acero J.L., Piriou P., von Gunten U.** (2005): Kinetics and mechanisms of formation of bromophenols during drinking water chlorination: Assessment of taste and odor development. *Water Res.* 39, (13), 2979–2993.
- [4470] **Schertenleib R.** (2005): From conventional to advanced environmental sanitation. *Water Sci. Technol.* 51, (10), 7–14.
- [4471] **Truffer B., Kornrad K.** (2005): Sustainability foresight as a method to shape socio-technical transformation in utility systems. In: «Yearbook 2005 of the Institute for Advanced Studies on Science, Technology and Society», A. Bammé, G. Getzinger B. Wieser (Eds.). Profil, 2005 Science and Technology Studies, München, 285–306.
- [4472] **Rothenberger D., Truffer B.** (2005): Private-sector participation in water and sanitation reviewed – insights from new institutional economics. In: «The Business of Water an Sustainable Development», J. Chenoweth J. Bird (Eds.). Greenleaf, Sheffield, 82–98.
- [4473] **Trottmann N., Langhans S., Tockner K.** (2005): Schwemmgut, ein wichtiger Weg der Ausbreitung. *Natur und Mensch* 5, 8–11.
- [4474] **Viet Anh N., Nga P.T., Nhue T.H., Morel A.** (2005): The potential of decentralized wastewater management for sustainable development – a vietnamese experience. In: «Water Environmental Federation (WEF) International Conference: Technology», (Eds.). San Francisco, CA, USA, 27.
- [4475] **Andrady A., Aucamp P.J., Bais A.F., Ballare C.L., Bjorn L.O., Bornman J.F., Caldwell M., Callaghan T., Cullen A.P., Erickson D.J., de Gruijl F.R., Hader D.P., Ilyas M., Kulandaivelu G., Kumar H.D., Longstreth J., McKenzie R.L., Norval M., Redhwi H.H., Smith R.C., Solomon K.R., Sulzberger B., Takizawa Y., Tang X.Y., Teramura A.H., Torikai A., van der Leun J.C., Wilson S.R., Worrest R.C., Zepp R.G.** (2005): Environmental effects of ozone depletion and its interactions with climate change: progress report, 2004. *Photochem. Photobiol. Sci.* 4, (2), 177–184.
- [4476] **Andrady A., Aucamp P.J., Bais A.F., Ballaré C.L., Björn L.O., Bornman J.F., Caldwell M., Cullen A.P., Erickson D.J., Gruijl F.R.d., Häder D.-P., Ilyas M., Kulandaivelu G., Kumar H.D., Longstreth J., McKenzie R.L., Norval M., Redhwi H.H., Smith R.C., Solomon K.R., Sulzberger B., Takizawa Y., Tang X., Teramura A.H., Torikai A., van der Leun J.C., Wilson S.R., Worrest R.C., Zepp R.G.** (2005): Environmental effects of ozone depletion and its interactions with climate change: progress report, 2005. *Photochem. Photobiol. Sci.* 1, 13–24.
- [4477] **Sulzberger B.** (2005): *Aquatic Sciences – research across boundaries* is an online first journal! *Aquatic Sciences – Research Across Boundaries* 67, (1), i.
- [4478] **Meunier L., Laubscher H., Hug S., Sulzberger B.** (2005): Effects of size and origin of natural dissolved organic matter compounds on the redox cycling of iron in sunlit surface waters. *Aquatic Sciences – Research Across Boundaries* 67, (3), 292–307.
- [4479] **Schwede-Thomas S.B., Chin Y.-P., Dria K.J., Hatcher P., Kaiser E., Sulzberger B.** (2005): Characterizing the properties of dissolved organic matter isolated by XAD and C-18 solid phase extraction and ultrafiltration. *Aquatic Sciences – Research Across Boundaries* 67, (1), 61–71.
- [4480] **Sanguinetti G.S., Ferrer V., Garcia M.C., Tortul C., Montangero A., Kone D., Strauss M.** (2005): Isolation of *Salmonella* sp in sludge from septage treatment plant. *Water Sci. Technol.* 51, (12), 249–252.
- [4481] **Sanguinetti G.S., Tortul C., Garcia M.C., Ferrer V., Montangero A., Strauss M.** (2005): Investigating helminth eggs and *Salmonella* sp in stabilization ponds treating septage. *Water Sci. Technol.* 51, (12), 239–247.
- [4482] **Cofie O.O., Agbottah S., Strauss M., Esseku H., Montangero A., Awuah E., Kone D.** (2006): Solid-liquid separation of faecal sludge using drying beds in Ghana: Implications for nutrient recycling in urban agriculture. *Water Res.* 40, (1), 75–82.
- [4483] **Koottatep T., Surinkul N., Polprasert C., Kamal A.S.M., Kone D., Montangero A., Heiness U., Strauss M.** (2005): Treatment of septage in constructed wetlands in tropical climate: lessons learnt from seven years of operation. *Water Sci. Technol.* 51, (9), 119–126.
- [4484] **Truffer B., Voss J., Konrad K.** (2005): Sustainability Foresight. Reflexive Gestaltung von Transformationsprozessen in deutschen Versorgungssystemen. In: «Technik in einer fragilen Welt. Die Rolle der Technikfolgenabschätzung», A. Bora, M. Decker, A. Grunwald O. Renn (Eds.). Sigma Edition, Berlin, 255–265.
- [4485] **Leupin O.X., Hug S.J., Badruzzaman A.B.M.** (2005): Arsenic removal from Bangladesh tube well water with filter columns containing zerovalent iron filings and sand. *Environ. Sci. Technol.* 39, (20), 8032–8037.
- [4486] **Leupin O.X., Hug S.J.** (2005): Oxidation and removal of arsenic (III) from aerated groundwater by filtration through sand and zero-valent iron. *Water Res.* 39, (9), 1729–1740.
- [4487] **Tiegs S.D., O’Leary J.F., Pohl M.M., Munill C.L.** (2005): Flood disturbance and riparian species diversity on the Colorado River Delta. *Biodiversity and Conservation* 14, (5), 1175–1194.
- [4488] **Tiegs S.D., Pohl M.** (2005): Planform channel dynamics of the lower Colorado River: 1976–2000. *Geomorphology* 69, (1–4), 14–27.
- [4489] **Buesing N., Marxsen J.** (2005): Theoretical and empirical conversion factors for determining bacterial production in freshwater sediments via leucine incorporation. *Limnol. Oceanogr. Meth.* 3, 101–107.
- [4491] **Nakamura K., Amano K., Tockner K.** (2006): Restoration: European perspectives and lessons for Japan. *Ecol. Civil Eng.* 8, (2), 201–214.
- [4492] **Lecerf A., Dobson M., Dang C.K., Chauvet E.** (2005): Riparian plant species loss alters trophic dynamics in detritus-based stream ecosystems. *Oecologia* 146, (3), 432–442.

In Kürze

Feldeinsatz des Arsen-Biosensors erhält Preis

Einem Team von Forschenden der Eawag und der Universitäten Hanoi (Vietnam) und Lausanne ist es erstmals gelungen, einen Biosensor für Arsen im Wasser vor Ort erfolgreich anzuwenden. Der neu entwickelte Test erlaubt eine rasche Analyse vieler Proben, ist günstig und kann in betroffenen Regionen direkt eingesetzt werden. Der Artikel in der Zeitschrift «Environmental Science and Technology, ES&T» erhielt den Preis für die beste ES&T-Veröffentlichung 2005. Dies ist nicht nur ein Erfolg für eine gute Publikation, sondern auch für eine Methodik, an deren Entwicklung die Eawag an vorderster Front mitgearbeitet hat.

www.eawag.ch ► Medien ○ ○ ○

M. Berg, Eawag



Workshop in Hanoi: Wie funktioniert der neue Arsentest?

Flussnahes Grundwasser strömt in Etagen

Eawag-Forschende und Fachleute des Kantons Thurgau zeigten: Unterhalb und seitlich der Thur fliesst Grundwasser unterschiedlicher Herkunft in verschiedenen «Stockwerken». Vereinfacht heisst das, je tiefer das Wasser strömt, desto länger ist es bereits im Untergrund unterwegs. Für die Trinkwassergewinnung ist dies bedeutend, denn die gesetzlichen Regelungen sagen, dass das Wasser mindestens zehn Tage im Untergrund verweilt haben muss, bevor es gefasst werden darf. Doch längst nicht in allen Fassungen kann die Vorschrift

eingehalten werden, und bei Hochwasser verschärft sich die Situation durch kürzere Fliesswege und erhöhte Infiltration weiter. Auch wenn Flüssen im Zuge von Hochwasserschutz- und Revitalisierungsmassnahmen wieder mehr Raum gegeben wird, kann es sein, dass sie näher an die Trinkwasserfassungen rücken. Die Eawag-Forschenden haben daher ein Konzept erarbeitet, das mit Hilfe neuer Mess- und Simulationsmethoden differenzierte Lösungen bietet.

www.eawag.ch ► Medien ○ ○ ○

Global Kompostieren – «decomp database»

Kompost? In vielen Entwicklungsländern gibt es gar kein Wort in der entsprechenden Sprache. Gerade in urbanen Gebieten, wo

Marktabfälle werden auf einem Komposthaufen verteilt (Mumbai, Indien).



S. Drescher, Eawag

die Abfallentsorgung eines der grössten Probleme darstellt, ist die Möglichkeit, organische Abfälle zu kompostieren, kaum bekannt. Dies obwohl in einigen Ländern bereits Pionierarbeit geleistet und die Kompostierung auf Quartierebene gefördert wird. Diese Aktivitäten sind jedoch nur selten vernetzt und kämpfen häufig mit den gleichen Problemen. Deshalb stellt die Eawag-Abteilung Sandec (Wasser- und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern) mit der «decomp database» eine Informationsplattform zur Verfügung. Die internetbasierte Datenbank sammelt Daten zu dezentralen Kompostieranlagen weltweit. Ziel ist es, die vorhandene Erfahrung in

Agenda

22.–24. März 2006

Eawag Dübendorf

Ökotoxikologie-Kurs Hauptmodul I

Peak-Kurs

Leitung: Kristin Becker (EPFL), Renata Behra und Herbert Güttinger (Eawag)

17./18. Mai 2006

Eawag Dübendorf

Cours d'Ecotoxicologie Module de base

Peak-Kurs

Direction du cours: Kristin Becker (EPFL), Renata Behra et Herbert Güttinger (Eawag)

28./29. Juni 2006

Eawag Dübendorf

Hochwasserschutz und Revitalisierung von Fließgewässern, Teil 1: Partizipation und Entscheidungsfindung

Peak-Kurs

Leitung: Markus Hostmann und Armin Peter (Eawag)

7./8. September 2006

Eawag Dübendorf

Hochwasserschutz und Revitalisierung von Fließgewässern, Teil 2: Werkzeuge für die Erfolgskontrolle

Peak-Kurs

Leitung: Markus Hostmann und Armin Peter (Eawag)

15. September 2006

Eawag/Empa-Akademie, Dübendorf

Neue analytische Methoden zur Beurteilung der Trinkwasserqualität

Status-Seminar des Eawag-Querprojekts Wave21

3./5. Oktober 2006

Eawag Dübendorf

Taxonomie und Ökologie aquatischer Organismen Teil 4: Ephemeroptera

Peak-Kurs

Leitung: Tom Gonser (Eawag) und Michel Sartori (Zoologisches Museum Lausanne)

25./26. Oktober 2006

Eawag Dübendorf

Chemische Umwelt-Analytik: Konzepte und Methoden.

Neuste Fortschritte in der chemischen Spurenanalytik: Von Probenahme bis zur Dateninterpretation

Peak-Kurs

Leitung: Mark Suter und Juliane Hollender (Eawag)

Info unter: www.eawag.ch/events

den einzelnen Ländern oder Regionen zu dokumentieren und an Interessierte weiterzugeben. Weitere Informationen: <http://sandec.instanthost.ch> ○ ○ ○