Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 97 (2005)
Heft: 3-4

Artikel: Interdisziplinäres Monitoringprogramm
Autor: Grünenfelder, Jakob / Weichert, Roman / Rey, Peter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941737

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

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

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

Download PDF: 09.07.2025

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

zum Beispiel bei Schutzdämmen, hatte der Baubegleiter darauf zu achten, dass die longitudinale, horizontale und vertikale Ausprägung der Böschungs- und Uferstrukturen so abwechslungsreich wie möglich erfolgte (Bild 6). Daneben war auf eine logische strukturelle Angleichung mit dem Geländeprofil des Umlandes zu achten (Bild 7).

War aus technischen Gründen in und am Gewässer der Einbau von Stabilisierungselementen nötig, wurden naturnahe Alternativen zu hartem Verbau gesucht. Wieder lieferte die Morphologie der Referenzgewässer Anhaltspunkte dafür, wie natürlich stabile Strukturen aussehen oder wie harte Sicherungselemente kaschiert werden könnten. Lebendverbau wurde lediglich in Form lokaler Bestockungen der Uferrandflächen und Böschungen eingesetzt (vgl. Bild 6), nie jedoch im Gewässer selbst.

Innerhalb hydraulisch stark beanspruchter Bachabschnitte, wie z.B. im oberen Abschnitt des Neuen Flaz, konnte ohne zusätzliche Ufersicherungen und ohne sichtbare Geschiebeschwellen eine Sohlenerosion verhindert und damit die Brückenbauten gesichert werden. Die Sohle wurde dabei mit grossen, stabilen Blöcken beschwert (bis zu 800 kg/m^2) und gesichert.

Die Gestaltung der Sohle erfolgte so naturnah wie möglich. Der Baubegleiter sorgte dafür, dass nur Material eingebracht wurde, das den Schleppkräften des Gewässers an der jeweiligen Stelle widerstand. Er musste allerdings verhindern, dass bei der Strukturierung regelmässige und dadurch künstlich wirkende Muster entstehen (regelmässige Blockabstände und -grössen). Wurde all dies berücksichtigt, bildete sich schon bald eine naturnahe gebirgsbachtypische Strömung und Substratsortierung aus (Bild 8).

Obwohl durch die Arbeit der ÖPK und der Baubegleitung nahezu alle Möglichkeiten einer ökologischen Optimierung des HWS Samedan ausgeschöpft wurden, wird es nicht gelingen, alle neuen und restrukturierten Gewässerläufe auf natürliche Weise miteinander zu vernetzen. Naturräumliche Grenzen hierfür setzen z.B. unterschiedliche Geländeniveaus, wie bei der geplanten Anbindung des Auengebiets Christansains an den restrukturierten Inn (vgl. Karte Teil «Monitoring»). Ein ähnliches Problem konnte bei der Anbindung der Gravatschaseen an den Mündungsbereich des Neuen Flaz nur technisch gelöst werden. Um für die Seen einen ausreichenden Hochwasserschutz zu gewährleisten und ihnen dennoch genügend Wasser zuzuführen, musste der Neue Flaz auf einer Strecke von ca. 75 m Länge unterdükert werden. Damit wurde ein zusätzliches Wanderhindernis für Fische geschaffen.

Die Sicherstellung der Fischdurchgängigkeit lag ebenfalls in der Verantwortung des ökologischen Baubegleiters. In enger Zusammenarbeit mit der kantonalen Fischaufsicht sorgte er dafür, dass innerhalb aller von Baumassnahmen betroffenen Gewässerabschnitte eine geeignete Durchströmung, ein überwindbares Gefälle und eine stets durchschwimmbare Wassertiefe für die heimischen Fischarten (Bachforelle, Äsche, Elritze) vorhanden waren. Auch der Düker konnte letztlich so gebaut werden, dass er diesen Anforderungen entsprach. Am nördlichen Ende der Gravatschaseen wurde darüber hinaus eine naturnahe Fischpassage zum Inn angelegt (Bild 9).

Anschrift der Verfasser
Peter Rey, HYDRA, Fürstenbergstrasse 25, D-78467 Konstanz, Telefon +49 7531 924000, p.rey@hydra-institute. com
Pio Pitsch, Kantonaler Hauptfischereiaufseher GR, Plaz Grond, CH-7537 Müstair, Telefon 081 858 50 54, piopitsch@dplanet.ch

Interdisziplinäres Monitoringprogramm

Jakob Grünenfelder, Roman Weichert, Peter Rey

1. Einleitung

Das Hochwasserschutzprojekt Samedan ist im gesamten Alpenraum ein Pilotprojekt für die neuen Ansätze ökologisch orientierter Gewässerentwicklung. Erstmals seit über 80 Jahren fand in der Schweiz die Verlegung eines grösseren Fliessgewässers statt. Parallel zu dieser Massnahme wurden weitere Gewässerabschnitte und begleitende Ufer- und Auenbereiche in ihrem Typus, ihrer Ausdehnung und ihrer Vernetzung grundlegend verändert. Die neu geschaffenen Strukturen sind Objekt eines interdisziplinären Monitoringprogrammes. An dem auf mehrere Jahre ausgelegten Feldversuch beteiligen sich namhafte Forschungsinstitutionen, nationale und kantonale Amtsstellen und private Forschungsbüros (s. Kasten).

Das übergeordnete Ziel ist die Beobachtung und wissenschaftliche Begleitung der Entwicklung eines gebauten Flussgerinnes hin zu einem natürlichen Zustand. Diese Untersuchungen dienen einerseits für die Erfolgskontrolle der getätigten Massnahmen und anderseits bieten sie die Möglichkeit, neue wissenschaftliche Kenntnisse auf dem Gebiet der Gewässerrevitalisierungen zu gewinnen. Die gesammelten Daten werden fachübergreifend zugänglich gemacht und ausgetauscht.

Die grundlegenden Fragen lauten:

- Wie gestaltet/verändert das Wasser die vom Menschen gebaute Morphologie von Bachsohle und Ufer?
- Wie werden das neue Flussbett, seine angrenzenden Ufer und das nahe Umland durch Tiere und Pflanzen besiedelt?
- Wie verändert sich die Grundwassersituation?
- Wie reagieren die Einwohner auf ihre veränderte Umwelt?

Mit dem flussbaulichen Monitoring (s. Abschnitt 2) sollen das Verständnis von fluvialen Prozessen verbessert und gängige Berechnungsansätze für den vorliegenden Gewässertypus überprüft und gegebenenfalls optimiert werden. Berechnungsansätze im Flussbau basieren häufig auf Untersuchungen, die im physikalischen Modell durchgeführt wurden. Das Erfassen der flussbaulich relevanten Daten am neuen Flazgerinne ermöglicht es, diese Ansätze an einem realen Fliessgewässer zu überprüfen. Gleichzeitig bietet der aufgezeichnete Datensatz eine gute Grundlage zur Validierung von numerischen Programmen.

Aus ökologischer Sicht (s. Abschnitt 3) bietet das Hochwasserschutzprojekt Samedan eine einmalige Gelegenheit, vertiefte Kenntnisse über Flussrevitalisierungen zu gewinnen. Bisher wurden in der Schweiz noch nie Besiedlungsprozesse in neu entstehenden Lebensräumen dieser Grössenordnung beobachtet. Das Monitoring hat damit Vorbildfunktion für künftige Massnahmenkontrollen. Auch werden umfassende Erfahrungswerte und Datengrundlagen erwartet. Durch Kenntnis der abiotischen Prozesse können die Ursachen für die biologischen Prozesse und Veränderungen evaluiert werden. Die ständige Systembeobachtung im Rahmen des Monitorings erlaubt, rasch auf unerwünschte Veränderungen zu reagieren. Das Monitoring bietet darüber hinaus die Möglichkeit, das gesamte Artenspektrum der Gewässer und seiner Ufer in seiner Entwicklung zu beobachten und Besiedlungsquellen ausfindig zu machen.

Die Flazverlegung beeinflusst auch die Grundwasserverhältnisse. Ein Modul des interdisziplinären Monitoringprogrammes beobachtet seit Projektbeginn an verschiedenen Orten die Grundwasserstände und seit Anfang 2004 auch die Entwicklung der Grundwasserqualität (s. Abschnitt 4).

Das Hochwasserschutzprojekt Samedan wird im Rahmen einer Dissertation an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) auch hinsichtlich seiner sozioökonomischen Auswirkungen (s. Abschnitt 5) wissenschaftlich untersucht. Das Ziel der Arbeiten ist es, die soziale Bedeutung des Flussraums für die lokale Bevölkerung zu verstehen und deren Einstellung und Bedürfnisse gegenüber Flussrevitalisierungen zu erfassen. Im Weiteren wird versucht, die Ansprüche der Bevölkerung hinsichtlich ihres Einbezugs in der Planung von Flussrevitalisierungen zu erkennen und mögliche Vorgehensweisen für sozialverträgliche Flussrevitalisierungen aufzuzeigen.

In den nachfolgenden Ausführungen werden die einzelnen Module des Monitoringprogrammes näher vorgestellt.

2. Flussbauliches Monitoring

Im Vordergrund der flussbaulichen Untersuchung stehen die Bestimmung der Kornverteilung des Sohlenmaterials, Abpflästerungs- und Sortierprozesse in der Gerinnesohle, die Hydraulik, der Geschiebetransport und die Sohlenmorphologie. Die morphologische Entwicklung eines Fliessgewässers ist stark von einzelnen Hochwasserereignissen geprägt. Diese finden daher verstärkte Beachtung bei der Beurteilung der flussbaulich relevanten Prozesse.

Bereits knapp drei Monate nachdem das neue Flazgerinne der Natur übergeben wurde, ereignete sich in der Nacht vom 8. auf den 9. Juli 2004 ein Hochwasser, dessen Wiederkehrperiode mit etwa 10 Jahren angegeben werden kann. Dieses Ereignis hat die bisherigen morphologischen und sedimentologischen Prozesse im neuen Gerinne massgeblich geprägt.

Kornverteilung des Sohlenmaterials, Abpflästerungs- und Sortierprozesse

Die Kenntnis der Zusammensetzung des Sohlenmaterials (Pflästerungs- und Unterschicht) ist für Anwendungen im Bereich der Hydraulik, der Sohlenstabilität und des Geschiebetransports von Interesse. Die Bestimmung der Kornverteilung des Untergrundmaterials erfolgt dabei in der Regel durch Beprobung der Pflästerungsschicht, da repräsentative Proben aus der Unterschicht für Gebirgsflüsse grosser Entnahmevolumina bedürfen. Anhand eines geeigneten Umrechnungsmodells kann dann von einer oberflächenbezogenen Probe auf das Untergrundmaterial geschlossen werden.

Im Rahmen des hier vorgestellten Projekts wurden vor der Flutung des Gerinnes an acht geeigneten Stellen Volumenproben des anstehenden Unterschichtmaterials entnommen und mittels Siebanalyse ausgewertet. Diese Proben dienen als Referenz, um die

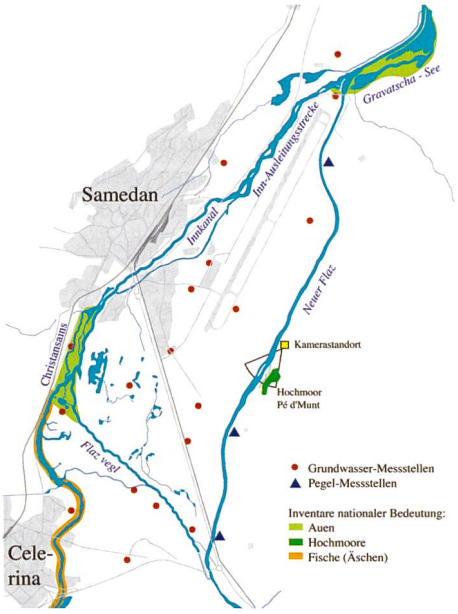


Bild 1. Übersichtskarte über das Projektgebiet mit der Bezeichnung der verschiedenen Gewässer und Biotope sowie der Lage einzelner Messstellen des Monitoringprogramms.

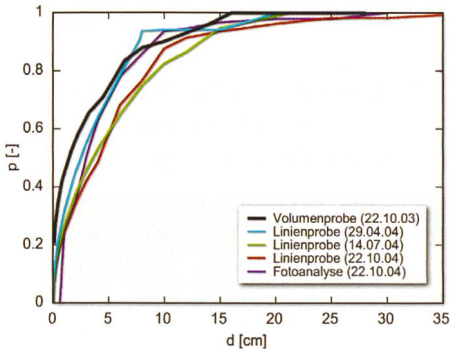


Bild 2. Vergleich oberflächenbezogener Beprobungsmethoden mit der Volumenanalyse der Unterschicht für den aufgeweiteten Gerinneabschnitt. Dargestellt sind Kornverteilungen des Untergrundmaterials (p: Anteil der Kornfraktion mit kleinerem Durchmesser als d an der Gesamtverteilung).

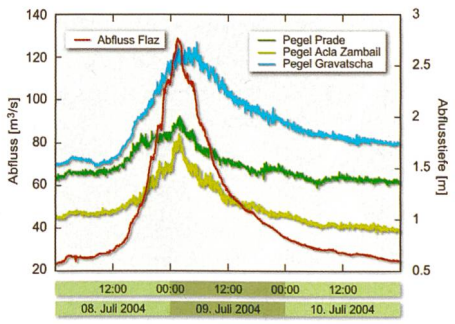


Bild 3. Ganglinien des Abflusses sowie der lokalen gemessenen Fliesstiefen für das Hochwasserereignis vom 8./9. Juli 2004. Die Abflusstiefen beziehen sich dabei auf die Sohlenlage vor dem Hochwasserereignis.

Beteiligte Institutionen

Koordination:	Amt für Natur und Umwelt Graubünden (ANU), 7001 Chur, Jakob Grünenfelder (jakob.gruenenfelder@anu.gr.ch)
Flussbaumonitoring:	Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, Roman Weichert (weichert@vaw.baug.ethz.ch)
Grundwasser:	Qualität: Bundesamt für Wasser und Geologie, Bern, Dr. Ronald Kozel (ronald.kozel@bwg.admin.ch)
	Quantität: Amt für Natur und Umwelt Graubünden (ANU), 7001 Chur, Jakob Grünenfelder (jakob.gruenenfelder@anu.gr.ch)
Vegetation/Uferbesiedlung:	Amt für Natur und Umwelt Graubünden (ANU), 7001 Chur, Dr. Josef Hartmann (josef.hartmann@anu.gr.ch)
Avifauna:	Amt für Jagd und Fischerei Graubünden (AJF), 7001 Chur, Dr. Marcel Michel (marcel.michel@ajf.gr.ch)
Fische/Makrozoobenthos:	Amt für Jagd und Fischerei Graubünden (AJF), 7001 Chur, Dr. Marcel Michel (marcel.michel@ajf.gr.ch) HYDRA-Institut, Konstanz Peter Rey (p.rey@hydra-institute.com)
Sozioökonomie:	Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf, Berit Junker (berit.junker@wsl.ch)
Live-Cam:	http://people.ee.ethz.ch/~vawmess/ (VAW)
Hydr. Messstationen:	http://www.bwg.admin.ch/lhg/2262s_7.PDF (BWG)

Gültigkeit gängiger auf der Beprobung der Oberfläche basierender Verfahren wie Linienzahlanalyse (Fehr 1987) und Gitterzahlanalyse (Wolman 1957, Kellerhals & Bray 1971) sowie neuartiger Beprobungsverfahren wie das fotografische Verfahren (Weichert et al. 2004) anhand von Naturdaten zu überprüfen.

Neben dem Vergleich der Beprobungsverfahren untereinander ist der Zusammenhang zwischen der Sohlenzusammensetzung und der hydraulischen Belastung von Interesse. Ausgehend von einer mehr oder weniger homogen eingebauten Flusssohle, wird sich durch Sortierprozesse eine Pflästerungsschicht an der Sohlenoberfläche ausbilden. Ein Vergleich der Kornzusammensetzungen der unbelasteten sowie der belasteten Sohle erlaubt die Überprüfung entsprechender Berechnungsansätze (Gessler 1965, Günter 1971, Fehr 1987).

Bild 2 zeigt einen ersten Vergleich für einen ausgewählten Gerinneabschnitt. Dargestellt ist die Kornverteilung einer Volumenprobe des Untergrundmaterials (22.10.03) vor sowie die aus einer Linienprobe resultierende Kornverteilung des Untergrundmaterials (29.4.04) kurz nach Flutung des neuen Gerinnes. Der maximale Abfluss im Frühjahr 2004 betrug dabei knapp 5 m^3/s. Des Weiteren sind die Kornverteilungskurven des Untergrundmaterials kurz nach dem Hochwasserereignis (Linienprobe, 14.7.04) sowie kurz nach Ende des hydrologischen Jahres (Linienprobe und Fotoanalyse, 22.10.04) dargestellt.

Die Linienproben wurden dabei nach dem Verfahren von Fehr (1987) umgerechnet, das sich für belastete und unbelastete Sohlen unterscheidet. Der Vergleich der Ergebnisse kurz nach der Flutung des Gerinnes (29.4.04) und nach dem Hochwasser (14.7.04) zeigt den Einfluss der hydraulischen Belastung auf die Kornverteilung sowie die Notwendigkeit, den Belastungszustand im Umrechnungsmodell zu berücksichtigen.

Bild 2 zeigt zudem grundsätzlich die Anwendbarkeit des fotografischen Verfahrens für den untersuchten Fliessgewässertypus.

Hydraulik

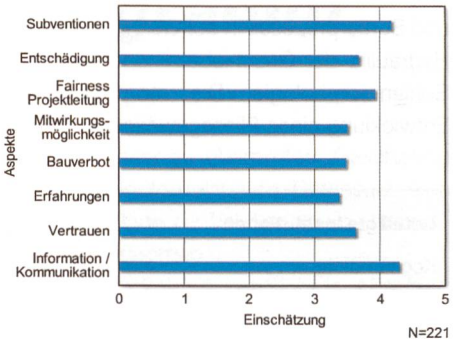
Die Abflüsse im neuen Flaz werden mit Hilfe der beiden Messstationen der Landeshydrologie an der Ova da Bernina und der Ova da Roseg bestimmt. Zusätzlich wurden drei Radarsonden eingerichtet, die eine kontinuierliche Aufnahme der lokalen Wasserspiegellagen an ausgesuchten Brückenquerschnitten (s. Bild 1) garantieren.

Um von den Wasserspiegelmessungen auf die Abflusstiefen zu schliessen, ist die Kenntnis der Sohlenlage Voraussetzung. Zu diesem Zweck wurden vor der Flutung Querprofile der gesamten Fliessstrecke des Flaz aufgenommen. Diese Vermessungen wurden nach dem Hochwasser vom 8./9. Juli 2004 wiederholt. Zusätzlich wurden die Hochwasserspuren aufgenommen, um einen Eindruck über die maximalen Fliesstiefen während des Ereignisses zu erhalten. Die kontinuierliche Aufnahme der Abflüsse und Abflusstiefen sowie die periodische Aufnahme der Sohlenlagen erlauben die Überprüfung von Ansätzen zur Bestimmung des Fliesswiderstands, sowohl während des Auftretens kleiner und mittlerer Abflüsse als auch während eines Hochwasserereignisses, wie z.B. im Juli 2004. Diese Angaben sind zudem für die Eichung numerischer Simulationsmodelle von Interesse.

In Bild 3 sind die Ganglinien des Abflusses sowie die zugehörigen Abflusstiefen der drei Pegelstationen für das Hochwasser im Juli 2004 aufgetragen. Demnach erreichte die Hochwasserspitze einen Wert von etwa 130 m^3/s. Während die Pegel an den Brücken «Pradé» und «Acla Zambail» durch die lokale Geometrie und Rauigkeiten bestimmt sind, ist der Wasserstand des Pegels «Gravatscha» nur ca. 100 m von der Mündung des Flaz in den Inn gelegen und somit stark durch die hydraulischen Verhältnisse am Zusammenfluss beeinflusst.

Bild 4. Morphologische Strukturen am aufgeweiteten Gerinneabschnitt, vor (links) und nach (rechts) dem Hochwasser vom 8./9. Juli 2004.

Bild 5. Links: Probenahme einer Makrozoobenthos-Untersuchung; rechts: Kolonie von Köcherfliegenlarven (Allogamus auricollis).



Information/Kommunkation: die von der Projektleitung gewählte Informations- und Kommunikationsstrategie (frühe, fortlaufende und offene Information der Bevölkerung über verschiedene Kommunikationsmedien).
Vertrauen: das Vertrauen der Bevölkerung in die Vertreter ihrer persönlichen Interessen beim Entscheidprozess.
Erfahrungen: frühere Erfahrungen mit Entscheidfindungen in der Gemeinde (vertrauensvolles Klima).
Bauverbot: das von den zuständigen Behörden ausgesprochene Bauverbot auf Teilen des Gemeindegebietes (Handlungsnotwendigkeit war für die Gemeinde dadurch vorgegeben).
Mitwirkungsmöglichkeiten: die angebotenen Mitwirkungsmöglichkeiten für alle Mitglieder der Gemeinde.
Fairness Projektleitung: die wahrgenommene Fairness der Projektleitung.
Entschädigung: die angebrachte Entschädigung betroffener Grundeigentümer im Projektperimeter.
Subventionen: Subventionen des Kantons und des Bundes für das Revitalisierungsprojekt.

Bild 6. Die in der Gemeindebefragung (Samedan) getesteten Akzeptanzfaktoren und ihre Bewertung. Einschätzung: Skala von 1 = gar nicht wichtig bis 5 = sehr wichtig (N = Anzahl der befragten Personen).

Geschiebetransport

Die Vermessungen der Sohlenlage vor und nach dem Hochwasserereignis bieten gute Voraussetzungen für die Erstellung einer Geschiebebilanz. Diese wiederum erlaubt einen Vergleich mit Volumenbilanzen aus numerischen Simulationsprogrammen mit beweglicher Sohle. Ein Vergleich auf der Basis solcher Einzelereignisse, mit zeitlich hochaufgelösten Abfluss- und Pegelinformationen, ermöglicht eine detailliertere Validierung von einzelnen Programmparametern als eine Eichung anhand einer langen Zeitreihe.

Morphologie

Aufgrund der Gefälls- und Breitenverhältnisse ist im neuen Flaz in gewissen Abschnitten mit der Bildung von Sohlenstrukturen zu rechnen. Die am Flaz vorhandenen Bedingungen bieten hierbei die Möglichkeit, die Entwicklung der Flussmorphologie von einer nach dem Bau nahezu ebenen Sohle hin zu einem natürlichen Zustand zu verfolgen. Zu diesem Zweck wird ein morphologisch interessanter Flussabschnitt mittels einer Digitalkamera überwacht, die einmal pro Tag ein aktuelles Foto liefert (s. Infokasten).

Bild 4 zeigt einen Vergleich dieses Flussabschnittes vor und nach dem Hochwasserereignis vom 8./9. Juli 2004 jeweils bei rund 10 m^3/s. Während im linken Bild noch keine deutlichen Strukturen erkennbar sind, zeigt das Bild nach dem Hochwasserereignis deutlich, dass sich eine natürliche Gerinnestruktur mit Geschiebebänken gebildet hat, die typisch für Fliessgewässer mit den vorhandenen Randbedingungen ist (Marti und Bezzola 2004).

3. Ökologisches Monitoring

Im Projektperimeter existiert eine umfangreiche Datengrundlage zum Vorzustand des Systems (u.a. Academia Engiadina 2001, Hydra 2001, ANL 1984). Als Indikatoren für die zu erwartenden biologischen Veränderungen dienen verschiedene Zielarten. Es soll z.B. untersucht werden, wann, wo und in welchem Masse Äschen und Bachforellen neue Gewässerabschnitte besiedeln und sich dort reproduzieren.

Am Verhalten der beiden Arten soll auch die Durchgängigkeit und die Qualität der Gewässervernetzung im System überprüft werden. Neben den Fischen dienen vor allem die Kleinlebewesen der Bachsohle (Makrozoobenthos) als geeignete Indikatoren, um die Eignung neuer und veränderter Gewässer als naturnahe Lebensräume zu beurteilen. Ebenso werden Untersuchungen über die Entwicklung der Avifauna (Vögel), der Amphibien und Libellen sowie der Vegetation durchgeführt.

Fische

Von besonderer Bedeutung wird sein, die Auswirkung der Massnahmen auf die Äschenpopulation von nationaler Bedeutung zu dokumentieren, deren Reproduktionsgebiet oberhalb des Projektperimeters im Inn liegt (s. Bild 1). Die Fischpopulationen in der Ebene von Samedan haben sich schon immer in den nährstoffreichen, ruhig fliessenden Abschnitten des Inn und des Gravatschasystems (Innaltlauf, Cristansains und Gravatschasee) konzentriert (150 bis >1000 Fische/100 m Gewässerlänge). Der alte Flazkanal zeigte sich hingegen trotz Besatzmassnahmen stets als extrem fischarm (2 bis 10 Fische/100 m Gewässerlänge). Diese Tatsache wurde sowohl auf seine strukturelle Armut als auch auf seine besondere Wasserqualität zurückgeführt. Auch der Neue Flaz bietet mit seinem von Gletschern beeinflussten Schmelzwasser aus dem Berninagebiet ein eher lebensfeindliches Milieu für Bachforelle, Äsche und Elritze.

Die Untersuchungen zur Fischbesiedlung finden jährlich im Frühjahr und Herbst statt, wenn die Schneeschmelze noch nicht zu stark eingesetzt hat bzw. bereits beendet ist. Für jedes Gewässer wurden eine oder mehrere Referenzstrecken festgelegt, die den jeweiligen Gewässercharakter repräsentieren sollen und für alle nachfolgenden Untersuchungen beibehalten werden. Die ausgewählten Strecken sollen ein möglichst umfassendes Spektrum an Habitatstypen beinhalten (Pools, Riffels, Unterstände, Jungfischhabitate, Laichareale, Wintereinstände usw.). Um Veränderungen im Gewässersystem abschätzen zu können, die mit den Massnahmen nichts oder nur wenig zu tun haben, werden auch Vergleichsabschnitte ausserhalb des Projektperimeters untersucht.

Die ersten Abfischungen im Neuen Flaz fanden rund fünf Monate nach dessen erster Flutung statt. Wie erhofft, waren zwar schon einige Bachforellen und Äschen eingeschwommen, eine individuenreiche und damit stabile Population hat sich im ersten Jahr jedoch noch nicht etabliert. Im Mündungsbereich des Neuen Flaz in den Inn hat sich durch die naturnahe, grossräumige Gestaltung gegenüber früheren Verhältnissen eine erhebliche Zunahme der Fischdichte ergeben. Der neu strukturierte Inn oberhalb des Zuflusses hat sich zu einem idealen Lebensraum für alle drei Fischarten und alle Altersklassen entwickelt. Ein ca. 75 m langer Düker, der die Wasserspeisung des Gravatschasees sicherstellt, erwies sich als uneingeschränkt fischgängig. Eine ebenfalls günstige Entwicklung für die Fischzöonose zeichnet sich im Bereich der Ausleitungsstrecke des Inn ab. Zum Zeitpunkt der ersten Untersuchung floss zwar noch kein Innwasser in der neu gestalteten Flussaue des ehemaligen Innaltlaufs. Dennoch bietet der Bereich bereits während laufender Baumassnahmen günstige Fischstandorte, vor allem für sehr grosse Bachforellen.

Aus dem Flaz vegl, dem restrukturierten Gerinne des ehemaligen Flazkanals, liegen noch keine Abfischdaten vor. Über den gesamten Gerinneverlauf konnten jedoch vereinzelt Bachforellen beobachtet werden. Referenzabfischungen (Nov. 04, >1 m^3/s) im baulich noch unveränderten Innkanal bei Samedan erbrachten keine Veränderung gegenüber dem Zustand vor der Flazverlegung (2001; ca. 20 Ind./100 m). Der gleich bleibend hohe Anteil an Äschen belegt, dass der Abschnitt von dieser Art als Hauptachse für Wanderbewegungen zwischen den unteren Innstrecken und dem Innbogen vor Celerina genutzt wird und zumindest bei Abflüssen >1 m^3/s auch als solcher funktioniert.

Makrozoobenthos

Zur Untersuchung der Besiedlungsprozesse der Kleinlebewesen auf der Bachsohle (Makrozoobenthos) wurden ebenfalls repräsentative Probestellen innerhalb der wichtigsten Gewässerabschnitte ausgewählt. Die Probenahmen finden zwei- bis viermal jährlich statt. Dabei müssen jeweils die Schlupfzeiten der wasserlebenden Insektenlarven berücksichtigt werden.

Besiedlungsdichten und relative Häufigkeiten des Makrozoobenthos werden durch flächenbezogene Proben, das Artenspektrum mittels qualitativer Sammelproben erfasst. Besiedlungsprozesse werden aber auch direkt verfolgt, indem die Organismendrift der «fliessenden Welle» in strömungsexponierten Netzen abgefangen wird.

Am Neuen Flaz konnte die Neubesiedlung eines zuvor nicht existierenden Fliessgewässers verfolgt werden – beginnend mit der ersten Flutung Ende April 2004. Erste wirbellose Tiere, vor allem Köcherfliegen- und Zuckmückenlarven, drifteten bereits innerhalb der ersten Stunden aus oberhalb liegenden Abschnitten in das neue Flazgerinne ein. Die Driftraten waren während niedriger Abflüsse stets sehr gering (weniger als 1 Tier pro Kubikmeter Wasser). Im Verlauf der ersten fünf Wochen hatte sich noch keine stabile Fauna auf der Sohle des Neuen Flaz eingefunden (Besiedlungsdichten von 1 bis 15 Individuen/m^2). Mit Zunahme der Abflussmengen von 0,7 m^3/s auf >14 m^3/s Anfang Juni 2004 erfolgte jedoch die vollständige Besiedlung des Neuen Flaz innerhalb von drei Tagen (6.6. bis 9.6.04). Danach zeigte die Flusssohle Individuendichten von mehr als

2200 Individuen/m². Dominierend waren dabei mit weit über 90% die Köcherfliegenlarven (s. Bild 5). Erst im September waren auch im Neuen Flaz alle Arten nachzuweisen, die im natürlichen Bachabschnitt des Flaz oberhalb des Projektperimeters vorkommen. Allen Beobachtungen zufolge wird die Erstbesiedlung des Neuen Flaz demnach auf ein entscheidendes Ereignis zurückgeführt: Erst zusammen mit einem erhöhten Wasserzufluss gelangte eine ausreichende Menge driftender Organismen aus oberhalb liegenden Abschnitten in das neue Gerinne, um stabile Populationen auf der Flusssohle etablieren zu können. Spätere Besiedlungsprozesse durch erneute Zudrift und Eiablage der Insekten erbrachten bis Oktober 2004 sowohl eine weitere Zunahme der Besiedlungsdichte bis auf über 8000 Ind./m² als auch eine Zunahme der Artenzahl.

Der Flaz vegl war während der Baumassnahme mit Restwasser (ca. 1 m³/s) durchflossen. Daher hat keine Neubesiedlung, sondern eine Ablösung alter durch neue Besiedlungsverhältnisse stattgefunden. Dieser Prozess war im September 2004 noch immer im Gange. Mit 15 nachgewiesenen Arten und Besiedlungsdichten zwischen <100–500 Ind./m² hat der Bach die frühere Individuen- und Artenzahl des Kanals an gleicher Stelle vor der Massnahme bisher noch nicht erreicht. Auf Grund der bisherigen Beobachtungen wird davon ausgegangen, dass im Flaz vegl weniger die Eindrift von Organismen (geringe Wasserführung), sondern vielmehr die Eiablage zufliegender Insekten entscheidende Impulse für die weitere Besiedlung gibt.

Im Innkanal bei Samedan wurden nach der Flazausleitung bisher keine Untersuchungen durchgeführt. Aufgrund der Vorzustanderhebungen wissen wir, dass der Inn bisher als nährstoffreiches Referenzgewässer stets die höchsten Besiedlungsdichten im Projektperimeter (>7000 Ind./m²) aufwies, jetzt aber diesbezüglich möglicherweise durch den Neuen Flaz abgelöst wurde. Mit mehr als 50% der Individuen dominieren eher anspruchslose Zuckmückenarten. Es konnten aber die meisten im System vorkommenden Arten nachgewiesen werden. Infolge der geplanten Restrukturierung werden daher vor allem Veränderungen der relativen Häufigkeiten innerhalb dieses Artenspektrums mit Spannung erwartet.

Avifauna

Es ist zu erwarten, dass auch die Avifauna (Vogelpopulation) auf die Entwicklung der neu erstellten und revitalisierten Gewässer reagieren wird. Eine Schlüsselrolle fällt auch hier der Entwicklung des Makrozoobenthos als Nahrungsquelle einzelner Vogelarten zu. Weiter wird die land- und forstwirtschaftliche Nutzung der angrenzenden Gebiete sowie die Benutzung der Wege und Strassen durch Menschen das System beeinflussen. Das Monitoringkonzept sieht zwei Bearbeitungsstufen vor. Einerseits soll über mehrere Jahre eine Auswahl von einfach zu bestimmenden Indikatorarten entlang der Gewässer sowie angrenzender Landwirtschaftsfläche und Wald kartiert werden (Flächenkartierungsmethode), andererseits sind ergänzend und bedarfsweise detailliertere Aufnahmen in Bezug auf die Bearbeitungsdichte, Jahreszeit oder Artenspektrum geplant. Zurzeit liegen noch keine Untersuchungsresultate vor.

Vegetation

Im Projektperimeter befinden sich Objekte von nationaler Bedeutung aus verschiedenen Biotopinventaren. Auf der rechten Uferseite des neuen Flazlaufs bei Pè d'Munt liegt ein Hochmoor von nationaler Bedeutung (Objekt Nr. 231 des Hochmoorinventars, s. Bild 1). Das Projekt wurde so geplant und ausgeführt, dass das Hochmoor keine Beeinträchtigung erfahren sollte. In Zusammenarbeit mit dem Buwal werden der Zustand und allfällige Veränderungen des Hochmoors laufend überwacht. Bisher sind keine Indizien einer Beeinträchtigung festgestellt worden.

Im Gebiet Cristansains und Champagnatscha befinden sich Auen von nationaler Bedeutung (Objekt Nr. 194 des Aueninventars, s. Bild 1). Vor allem Cristansains zeigt das Bild einer alternden Aue. Ein Ziel des Hochwasserschutzprojektes ist, den Zustand dieser Auen zu verbessern, indem naturnähere Verhältnisse geschaffen werden. Spezielles Augenmerk wird auf die in der Schweiz äusserst seltenen Arten Ranunculus reptans (Kriechender Hahnenfuss), Salix pentandra (Lorbeerweide) und Carex juncella (Binsenartige Segge) gelegt.

In den übrigen Gebieten werden die Besiedlung der Rohböden und die Entwicklung der Ufervegetation untersucht und dokumentiert.

Amphibien und Libellen

Im Projektperimeter befindet sich mit dem Golfweiher (Objekt Nr. 37 des Amphibieninventars, rechts des Inn unterhalb alter Flazmündung) ein Amphibienlaichgewässer von nationaler Bedeutung. Im Rahmen des Monitoringprogrammes werden die Bestände der Amphibien- und Libellenarten periodisch erfasst (Atragene 2004).

4. Grundwasser

Ein Modul des Flaz-Monitorings beobachtet seit Projektbeginn an verschiedenen Orten die Grundwasserstände und seit Anfang 2004 auch die Entwicklung der Grundwasserqualität (s. Bild 1).

Bei der Planung der Flazverlegung wurde die Veränderung der Grundwasserstände mit einem zweidimensionalen Grundwassermodell prognostiziert (Sieber, Cassina + Handke 1999 und 2000). Mit einer Vielzahl von Grundwasser-Messstellen werden seit 2001 die Grundwasserstände kontinuierlich überwacht und aufgezeichnet. Diese Daten dienen neben der Überwachung der Grundwasserstände auch der Validierung des Grundwassermodells und somit als Grundlage zur Erstellung von aktualisierten Grundwasserkarten im Oberengadin.

An vier Grund- und zwei Oberflächenwasser-Messstellen (Flaz und Inn) wurden zudem vor, während und nach der Flussverlegung die wichtigsten anorganischen Wasserinhaltsstoffe sowie die stabilen Isotope Sauerstoff-18 und Deuterium analysiert. Hierdurch werden hydrochemische Veränderungen für eine spätere Interpretation dokumentiert.

Die Arbeiten sind mit dem nationalen Grundwasserprogramm NABESS (Nationales Netz zur Beobachtung von Grundwasserständen und Quellschüttungen) und NAQUA (Nationales Netz zur Qualitätsbeobachtung des Grundwassers) des Bundesamtes für Wasser und Geologie (BWG) koordiniert. Dieses Projekt ist inzwischen abgeschlossen. Die ersten Auswertungen zeigen, dass die Grundwasserqualität durch die Flazverlegung nur gering beeinflusst wurde.

5. Sozioökonomische Aspekte

Die Ansprüche und Reaktionen der lokalen Bevölkerung auf die Veränderung ihrer erlebten Umwelt wurden durch Interviews und Fragebogen ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Massnahmen am Flaz und Inn eine sehr hohe Akzeptanz finden, obwohl zu Beginn des Projektes die Notwendigkeit eines Revitalisierungsprojektes stark angezweifelt wurde.

Diese Wahrnehmungsveränderung ist umso bemerkenswerter, da sich die meisten veränderten Flächen und Gewässer noch in einem frühen Zustand ihrer Entwicklung befinden oder teilweise noch gar nicht fertig erstellt sind und dadurch die Veränderung der Landschaftsästhetik und die Nutzbarkeit als Naherholungsgebiet noch nicht überall erkennbar sind. Als Gründe dieser Zufriedenheit wurden die Möglichkeiten der Mitwirkung bei der Projektplanung, die gute Informations- und Kommunikationsstrategie der Projektleitung sowie das grosse Vertrauen in die Projektleitung ermittelt.

6. Ausblick

Bereits die ersten Untersuchungen im Rahmen des Monitorings belegen, welch biologische und gewässermorphologische Dynamik durch die Projektmassnahmen in Gang gesetzt wurde. Am Beispiel des Neuen Flaz konnte gezeigt werden, wie rasant einige Besiedlungsprozesse ablaufen (Beispiel Makrozoobenthos), während andere kaum begonnen haben (Beispiel Fische). Für die Veränderungen der Gewässerbiozönosen im System sind aber auch alle anderen Restrukturierungs- und Revitalisierungsmassnahmen von grosser Bedeutung.

In den kontinuierlichen Beobachtungen und Messungen der kommenden Jahre suchen wir vor allem auf folgende Fragen Antworten:

- Inwieweit lassen sich die vorhandenen flussbaulichen Grundlagen zur Beurteilung eines Fliessgewässers vom Typ des Neuen Flaz verifizieren? Bedarf es allenfalls Modifikationen?
- Können aus den Erfahrungen des Monitorings neue/besser geeignete ökologische Indikatoren oder Zielarten abgeleitet werden?
- Welche Erfahrungen aus dem Monitoringprogramm können generell auf andere Massnahmen/Objekte übertragen werden?
- Bestätigen sich die im Modell prognostizierten Grundwasserstände?
- Wie sind die Einstellung und die Bedürfnisse der Bevölkerung gegenüber der neu erlebbaren Landschaft einige Jahre nach Abschluss der Baumassnahmen?

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden zu gegebener Zeit einzeln und in einem zusammenfassenden Bericht publiziert.

Literatur

Academia Engiadina (2001): «Umweltverträglichkeitsbericht Hochwasserschutzprojekt Samedan», im Auftrag der Gemeinde Samedan, Samedan 2001.

Arbeitsgemeinschaft für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL 1984): «Schützenswerte Flächen im Oberengadin», im Auftrag des Amtes für Natur und Umwelt, Aarau 1984.

Atragene (2004): «Hochwasserschutzprojekt Samedan, Wirkungskontrolle Libellen», im Auftrag des Amtes für Natur und Umwelt, Chur 2004.

Fehr, R. (1987): «Geschiebeanalysen in Gebirgsflüssen», Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, Nr. 92, 1987.

Gessler, J. (1965): «Der Geschiebetriebbeginn bei Mischungen, untersucht an natürlichen Abpflästerungserscheinungen in Kanälen», Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau (VAW), ETH Zürich, Heft 69, 1965.

Günter, A. (1971): «Die kritische mittlere Sohlenschubspannung bei Geschiebemischungen unter Berücksichtigung der Deckschichtbildung und der turbulenzbedingten Sohlenschubspannungen», Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich, Nr. 3, 1987.

Hydra (2001): «Hochwasserschutzprojekt Samedan, Fischökologische Bestandesaufnahme, Beurteilung der Planung», im Auftrag des Tiefbauamtes Graubünden, Konstanz 2001.

Kellerhals, R.; Bray, D. I. (1971): «Sampling procedures for coarse fluvial sediments», Journal of the Hydraulic Division, ASCE, Vol. 97, No. HY8, 1165–1180.

Marti C.; Bezzola G. R. (2004): «Sohlenmorphologie in Flussaufweitungen», in: Turbulenzen in der Geomorphologie (Jahrestagung der Schweizerischen Geomorphologischen Gesellschaft), S. 173–188, VAW Mitteilung 184, Zürich 2004.

Sieber, Cassina + Handke (1999): «Hochwasserschutzprojekt Samedan, Aquifersimulation Variante Flazverlegung», im Auftrag des Tiefbauamtes Graubünden, Chur 1999.

Sieber, Cassina + Handke (2000): «Hochwasserschutzprojekt Samedan, Aquifersimulation zur vertieften Projektstudie Flazverlegung», im Auftrag des Tiefbauamtes Graubünden, Chur 2000.

Weichert, R.; Wickenhäuser, M.; Bezzola, G. R.; Minor, H. E. (2004): «Grain size analysis for coarse river beds using digital imagery processing», ed. Greco, M.; Carravetta, A.; Della Morte, R., Taylor & Francis Group, London, River Flow 2004, Napoli, Vol. 1, 753–760.

Wolman, M. G. (1954): «A method of sampling coarse river-bed material», Transactions of the American Geophysical Union, Vol. 35, No. 6.

Anschrift der Verfasser

Jakob Grünenfelder, Amt für Natur und Umwelt Graubünden, Gürtelstrasse 89, CH-7001 Chur, Tel. 081 257 29 46, E-Mail: jakob.gruenenfelder@anu.gr.ch

Roman Weichert, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zentrum, CH-8092 Zürich, Telefon 01 632 57 17, E-Mail: weichert@vaw.baug.ethz.ch

Peter Rey, HYDRA, Institut für angewandte Hydrobiologie, Büro Peter Rey, Fürstenbergstrasse 25, D-78467 Konstanz, Telefon +49 7531 924000, E-Mail: p.rey@hydra-institute.com

Modellversuche im Massstab 1:1 – Mut zum kalkulierten Risiko

Andri Bischoff

Viele wasserbauliche Vorhaben bedingen umfangreiche und kostenintensive Vorabklärungen. Oft werden für eine optimierte Lösungssuche Modellversuche durchgeführt, um so komplexe Fragestellungen unter Simulation der natürlich vorkommenden Verhältnisse im Wasserbaulabor zu testen. Ein anderer Ansatz ist die Erprobung und Erfahrungssammlung direkt am auszuführenden Objekt. Dies setzt die Bereitschaft voraus, neue Lösungen zu wagen. Die Freude am Neuen, am Experiment, ist langjährig Tradition im bündnerischen Schutzwasserbau. So werden immer wieder neue Lösungsansätze und Ideen gleichsam im Modellmassstab 1:1 in der Natur getestet. Damit verbunden ist auch die Bereitschaft, dem eigenen Gefühl und der Intuition in der Lösungssuche zu folgen und aus gewohnten Denkmustern auszubrechen. Der Mut zum kalkulierten Risiko, wie diese Vorgehensweise auch benannt werden könnte, hat sich bisher jedenfalls noch immer bezahlt gemacht. Grundvoraussetzung dazu sind natürlich eine sorgfältige Analyse und Kommunikation der möglichen Prozesse und Risiken sowie die Bereitschaft des Bauherrn, im Kanton Graubünden in der Regel die Territorialgemeinde, kalkuliertes Risiko und Verantwortung mitzutragen. Diese Bereitschaft liegt heute nicht im allgemeinen Trend zur Delegation der Verantwortung. Verantwortung ausschliesslich dem Planer oder ausführenden Unternehmer zu übertragen, führt zwangsläufig zu wesentlich teureren Lösungen, weil diese bei Vorhaben mit fehlender Praxiserprobung höhere Sicherheitsreserven berücksichtigen müssen.

Im Folgenden soll kurz auf einige in den letzten Jahren ausgeführte Beispiele für