

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 99 (2007)
Heft: 3

Artikel: Gewässerökologische Erfolgskontrollen
Autor: Becker, Andreas / Rey, Peter / Mürle, Uta
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940134>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 10.01.2026

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

Gewässerökologische Erfolgskontrollen

■ Andreas Becker, Peter Rey, Uta Mürle, Johannes Ortlepp, Marcel Michel, Pascale Steiner, Reto Gritt

Zusammenfassung

Nach der Umsetzung des Hochwasserschutzprojekts Samedan (HWS) waren im Jahr 2006 rund 13 km Fließgewässerstrecke naturnah restrukturiert oder neu geschaffen. Sowohl die hydromorphologischen als auch die damit verbundenen biologischen Veränderungen wurden im Rahmen eines Langzeit-Monitoringprogrammes verfolgt (vgl. WEL 3/4, 2005, S. 96-101). Zur gewässerökologischen Erfolgskontrolle wurden mehrere abiotische und biotische Indikatoren herangezogen. An dieser Stelle können erste Ergebnisse über die Entwicklungen der Fischbestände und der Benthosbesiedlung im Projektgebiet vorgestellt werden.

1. Fische

1.1 Fischarten und Fischlebensräume

Das Projektgebiet (vgl. dieses Heft, «Aspekte und Effekte der ökologischen Begleitplanung» Seite 199) umschliesst unterschiedliche Gewässertypen, die zu meist auch als Lebensraum für Fische in Frage kommen. Hierzu gehören Fließgewässer der Typen Bergbach, Gebirgsfluss, Giessen- und Wiesenbach sowie Stillgewässer unterschiedlichen Charakters. In ihnen leben und reproduzieren sich drei typische Fischarten (Bild 1): die Bachforelle (Salmo trutta fario), die Äsche (Thymallus thymallus) und die Elritze (Phoxinus phoxinus).

Die hohen Abstürze der En-Schlucht nahe Ardez haben eine natürliche Einwanderung von Äschen in oberhalb liegende En-Abschnitte wahrscheinlich schon immer verhindert. Deshalb geht der Äschenbestand im Oberengadin auf Besatzmassnahmen zu Beginn des 20. Jahrhunderts zurück (Fatio, 1880; Lorenz, 1898, Steinmann, 1928). Bachforellen und Elritzen waren im Oberengadin schon immer heimisch.

Dennoch gelten auch Äschen im Oberengadin als standortgerechte Fisch-

art. Sie haben sich so gut etabliert, dass zwischen Celerina und La Punt eine der ergiebigsten Äschenstrecken der ganzen Schweiz liegt und diese Äschenpopulation das Prädikat «Population von nationaler Bedeutung» (BUWAL 2002) bekommen hat. Die nach heutigem Kenntnisstand auch höchstgelegene Äschen-Population Europas (>1700 m ü.M) ist aufgrund ihres relativ kleinen Reproduktionsgebiets aber besonders sensibel. Bis 2006 befanden sich Laichflächen nur im schwallbeeinflussten En-Bogen vor Celerina und dann erst wieder in und zwischen den für aufsteigende Fische nicht erreichbaren Oberengadiner Seen. Hunderte Äschen nahmen alljährlich lange und gefährliche Wanderungen aus dem Unterengadin in Kauf, um im En-Bogen ablaichen zu können (Amt für Jagd und Fischerei Graubünden, Äschenmarkierungsprogramm 2003–2007).

Auch die Bachforellenpopulation war bereits vor den HWS-Massnahmen individuenreich und gut konditioniert; allerdings waren En und Flaz, die grössten Gewässer im Gebiet, als Reproduktionsräume für Bachforellen eher ungeeignet.

Durch die Flazverlegung, die Restrukturierung des früheren En-Kanals vor Samedan und die Ausleitung (Zurückverlegung) des Ens in den eigentlichen Talweg

(ehemaliger En-Altauf) sollten sich die Bedingungen für Fische deutlich verbessern. Voraussetzung für diese erhofften Verbesserungen war,

- dass durch strukturelle Aufwertungen eine grosse Zahl zusätzlicher Fischstandorte geschaffen wurde;
- dass durch die Flazverlegung ein völlig neuer Flussabschnitt und damit potenziell neuer Lebensraum von mehr als 3,5 km Länge geschaffen wurde;
- dass im En vor Samedan die Flussstrecke, die von klarerem Wasser aus dem St. Moritzer-See durchflossen wird, um mehr als 2 km verlängert wurde;
- dass durch die Ausleitung des Ens in ein natürliches Flussbett und durch die Gestaltung der neuen Flazmündung Fischlebensräume von hoher Qualität geschaffen wurden, wie sie zuvor nur der En-Bogen aufweisen konnte;
- dass sich die Vernetzung der verschiedenen Gewässerlebensräume deutlich verbessert hat. Die Fischgängigkeit des Fließgewässersystems ist nicht mehr eingeschränkt.

Von vornherein konnte davon ausgängen werden, dass der neue Flaz und der als kleiner Bergbach gestaltete Flaz vgl. von Fischen nicht so stark besiedelt werden können wie der restrukturierte En. Der für Fische «ungemütliche» Charakter des Flazwassers, dessen Anteil an Schmelz- und Gletscherwasser in den Sommermonaten im Vergleich zum En sehr hoch ist, konnte und sollte durch Renaturierungsmassnahmen auch nicht verändert werden. Für die folgenden Vergleiche wurde daher schwerpunktmaßig der fischreiche En zwischen En-Bogen



Bild 1. Die drei Fischarten in den Gewässern um Samedan: Äsche, Bachforelle und Elritze (v.l.n.r.).

Fotos: Rey, Unger.



und der neuen Flazmündung herangezogen, weil hier die fischbiologischen Veränderungen am deutlichsten dokumentiert werden konnten.

1.2 Fischdichten und -verteilung

Obwohl die Untersuchung noch nicht vollständig abgeschlossen ist, zeichnen sich schon jetzt deutliche Bestandesveränderungen infolge der Massnahmen ab. Bezuglich der Hektar-Biomasse können allerdings noch keine endgültigen Aussagen gemacht werden.

1.2.1 Kleinräumige Verteilungsmuster

Am Beispiel des Ens vor Samedan lässt sich zeigen, wie sehr die Fischarten Äsche und Bachforelle auf ein verändertes Angebot an Mesohabitaten (Einzelstrukturen und Strukturkomplexen) reagiert haben (Bild 2). Im alten En-Kanal korrelierten hohe Äschendichten stets mit Sohlschwellen-Pools oder mit wenigen tieferen Prallhang-Strukturen; ufernaher Blocksatz wurde nicht genutzt. Der restrukturierte En besitzt jetzt – trotz deutlich reduzierten Abflüssen nach der Flazverlegung – wieder eine Vielzahl an Flussstrukturen, die als typische Äschen-Habitate gelten. Die Fische sind nun in grösseren Schwärmen assoziiert über den gesamten Flusslauf verteilt. Große Äschen halten sich in den tiefen, gut durchströmten Rinnen, Jungäsen vermehrt in den flachen Übergangsbe reichen von Kiesflächen zur Hauptströmung auf.

Bachforellen als stark struktur gebundene Fische hatten auch schon vor der

Restrukturierung den teilweise lückigen ufernahen Blocksatz der inneren En-Dämme genutzt; dabei hatten sich die verschiedenen Altersklassen je nach Grösse des vorhandenen Unterstandes sortiert. Im neuen En ist zwar das Standortangebot für die Bachforellen nicht in demselben Masse wie dasjenige für die Äschen angewachsen; die Bachforellen können jetzt jedoch vermehrt auch uferferne Strukturen als Unterstand nutzen (Bild 2).

Die Beobachtungen im restrukturierten En gelten in unterschiedlichem Masse auch für die anderen im Rahmen des HWS Samedan strukturell aufgewerteten Fließgewässer. Vergleicht man beispielsweise den neuen Flaz mit dem zuvor andernorts verlaufenden Flazkanal, so zeigen sich dieselben Verteilungstendenzen der Fische wie im En, nur dass der Flaz erheblich geringere Fischdichten aufweist.

1.2.3 Grossräumige Verteilungsmuster

Für die Darstellung der grossräumigen Verteilungsmuster wurden Informationen unterschiedlicher Qualität herangezogen. Den Angaben innerhalb des Projektperimeters liegen flächenbezogene Elektrofangergebnisse und zusätzliche Beobachtungen/Zählungen zugrunde. Für andere, wegen ihrer Wassertiefe nicht befischbare Abschnitte (z.B. Seen, Teiche und tiefe Bereiche des En-Bogens) gibt es lediglich Beobachtungen.

Selbst im grossen Betrachtungs Massstab wird deutlich, wie sehr ehemalige Strukturmonotonie und die Sohlschwellen im En die Verteilung der Äschen

in der oben beschriebenen Form beeinflusst hatten (Bild 3). Inzwischen kommen Äschen in fast allen betrachteten Gewässern des Projektperimeters regelmässig vor. Dichten von über 1000 Individuen pro Hektar wurden im ausgeleiteten En und in der dem En wieder angebundenen Aue Cristansains nachgewiesen. Während der Laichzeit nehmen diese Zahlen lokal noch um die eingewanderten Tiere aus den unterhalb liegenden En-Abschnitten zu. Im Mai 2007 konnten nicht nur am bekannten Laichplatz oberhalb des En-Bogens bei Celerina, sondern jetzt auch auf den neu entstandenen Kiesflächen der En-Ausleitung Laichschwärme von über 700 Äschen pro 100 m Flussstrecke gezählt werden (siehe Bild 7 rechts).

Bachforellen kamen bereits vor den Massnahmen in nahezu allen betrachteten Gewässern vor (Bild 4). Hohe Dichten wurden insbesondere in der Aue Cristansains und im En-Altlauf nachgewiesen. Selbst im strukturell verarmten En-Kanal zeigten Bachforellen mittlere Häufigkeiten. Durch die Restrukturierungs-Massnahmen haben sich die Bedingungen auch für sie deutlich verbessert.

Elritzen haben als einzige Fischart durch das Hochwasserschutzprojekt zunächst ehemaligen Lebensraum verloren. Der Flazumleitung fielen 2002 die meisten der kleinen Wiesenbäche und Entwässerungs kanäle in der Champagna (östlich Airport Samedan) zum Opfer. In diesen Kleingewässern lebten Elritzen in mittleren Dichten. Durch die Umgestaltung der Fließgewässer und die verbesserten Vernetzungen zwischen dem En-Flaz-System, den Teichen und Weihern der Ebene sowie den Auenbereichen Cristansains und Champagnatscha konnte dieser Verlust jedoch kompensiert werden und sich die Art seit 2004 wieder weiter ausbreiten (Bild 5).

1.3 Reproduktion

Eine gesunde, sich selbst erhaltende Äschenpopulation ist auf Flussabschnitte mit klarem Wasser angewiesen. Flaz und En unterhalb von Samedan führten bisher zur Zeit der Brütlings- und Jungfischentwicklung viel Schmelzwasser (vgl. dieses Heft, Seite 204 «Aspekte und Effekte der ökologischen Begleitplanung», Bild 11 links) und konnten daher weder ausreichende Entwicklungstemperaturen noch ein geeignetes Nahrungsangebot für Äschen bieten. Eine Reproduktion der Äsche wurde in diesen Flussabschnitten niemals beobachtet. Teile des En-Bogens vor Celerina und einige kleinere

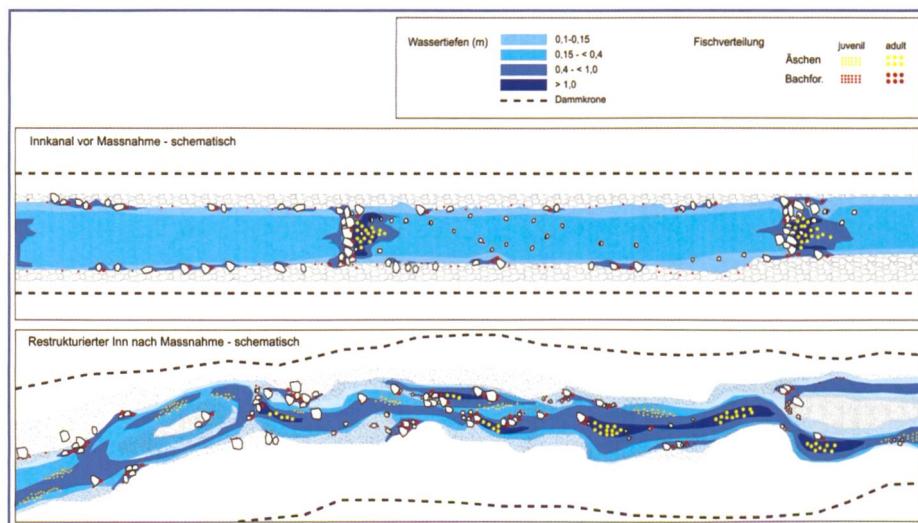


Bild 2. En bei Samedan: schematische Darstellung der grundsätzlichen hydromorphologischen Veränderungen und der damit einhergehenden Umverteilung und Vermehrung geeigneter Fischstandorte. Darstellung abgeleitet aus Ergebnissen der strukturbezogenen Abfischungen und Beobachtungen der Jahre 2001, 2004, 2005 und 2006. Anm: im Zuge der Flazverlegung haben die sommerlichen Abflüsse in dem dargestellten En-Abschnitt um bis zu zwei Drittel abgenommen.

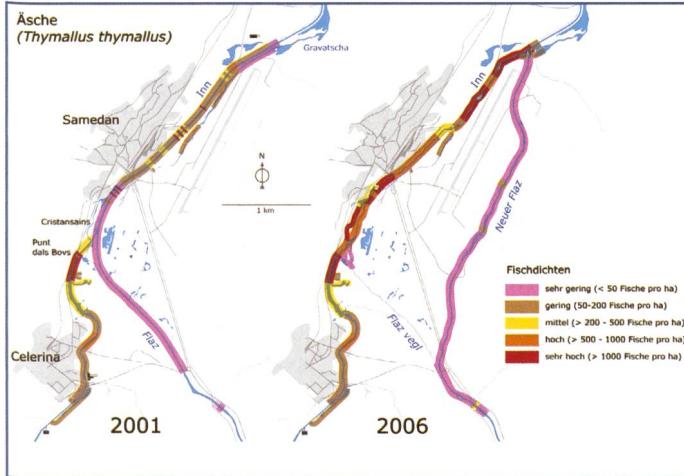


Bild 3. Anhand von Elektro-Befischungen vom März 2001 (links), Befischungen zwischen 2004 und November 2006 (rechts) und standortbezogenen Beobachtungen/Zählungen abgeschätzten Bestandesdichten der Äschen (*Thymallus thymallus*). Dichteklassen abgeleitet von Schager & Peter (2004). Angaben für den En-Bogen oberhalb Punt dals Bovs beruhen überwiegend auf Beobachtungen.

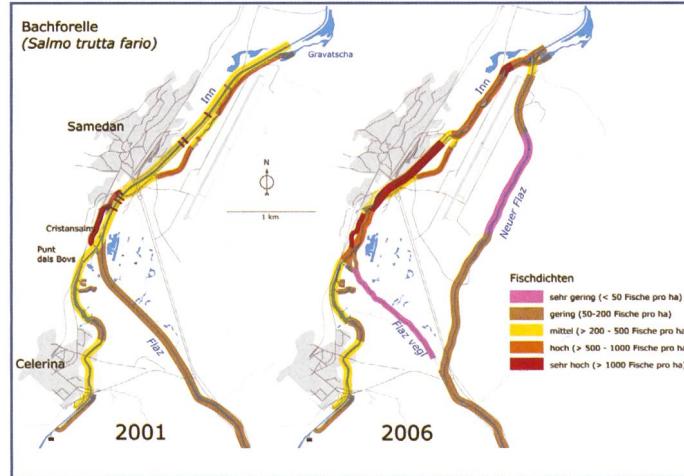


Bild 4. Anhand von Elektro-Befischungen vom März 2001 (links), Befischungen zwischen 2004 und November 2006 (rechts) und standortbezogenen Beobachtungen/Zählungen abgeschätzten Bestandesdichten der Bachforellen (*Salmo trutta fario*). Dichteklassen abgeleitet von Schager & Peter (2004). Angaben für den En-Bogen oberhalb Punt dals Bovs beruhen überwiegend auf Beobachtungen.

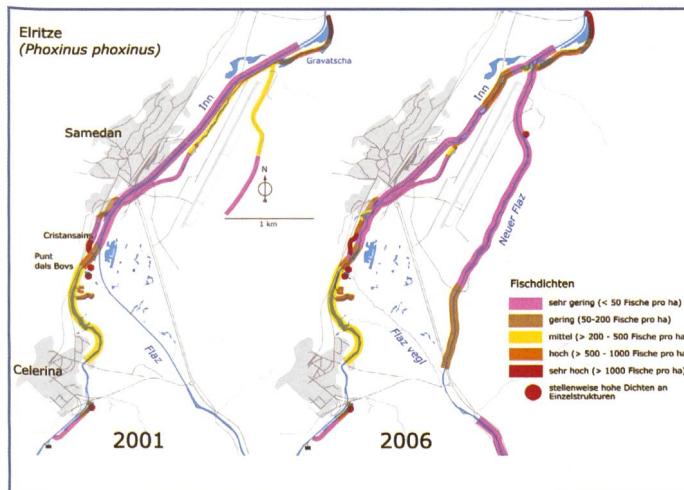


Bild 5. Anhand von Elektro-Befischungen vom März 2001 (links), Befischungen zwischen 2004 und November 2006 (rechts) und standortbezogenen Beobachtungen/Zählungen abgeschätzten Bestandesdichten der Elritzen (*Phoxinus phoxinus*). Dichteklassen abgeleitet von Schager & Peter (2004). Angaben für den En-Bogen oberhalb Punt dals Bovs beruhen überwiegend auf Beobachtungen.

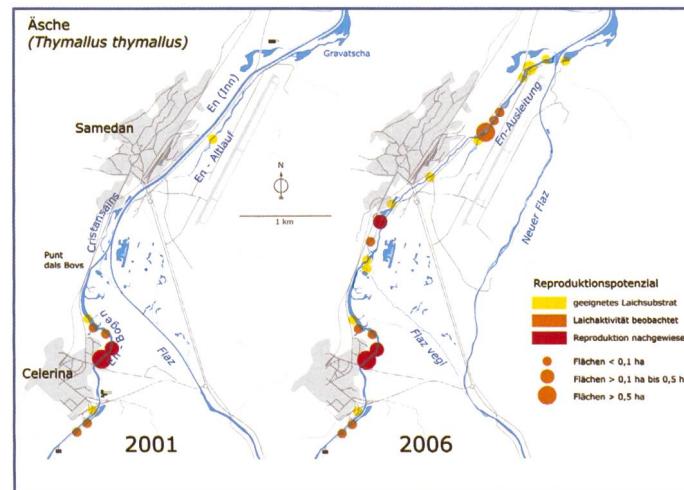


Bild 6. Nachgewiesene und vermutete Reproduktionsareale für Äschen im Gewässernetz zwischen Celerina und der neuen Flazmündung. Vergleich der Beobachtungen und Untersuchungen 2001 mit den Jahren 2005 und 2006.

oberhalb liegende Flächen (z.B. der Zulauf zum Lej da Spuondas) stellten 2001 wahrscheinlich das gesamte Reproduktionsareal für eine En-Strecke von mehr als 30 km Länge dar (Bild 6). Da die für das Laichgeschäft in Frage kommenden Flächen vor Celerina räumlich benachbart, relativ klein (insgesamt <3 ha) und darüber hinaus durch den Betrieb des KW St. Moritz schwallbeeinflusst sind, war das Überleben der Äschen-Population bisher keineswegs gesichert.

Nach Umsetzung der HWS-Massnahmen hat sich diese Situation deutlich verbessert; die für Äschen geeigneten Laichflächen haben sich mehr als verdop-

pelt (Bild 6), alte Reproduktionsräume blieben von den Massnahmen unbeeinflusst. Die Flazmündung wurde verlegt und im En dadurch mehr als 2 km Fließstrecke hinzugewonnen, die mit ihrem aus den Oberengadiner Seen kommenden klaren En-Wasser die Voraussetzung für eine ungestörte Äschenentwicklung erfüllt. Äschen reproduzieren sich nun nachweislich auch in der Aue Cristansains (Bild 6, Bild 8) sowie mit hoher Wahrscheinlichkeit und in grösserem Umfang im ausgeleiteten En unterhalb von Samedan (Bild 6, Bild 7).

Die für die Reproduktion der Bachforellen am besten geeigneten Gewässer-

abschnitte lagen früher im En-Altauf und seinem Übergang zum Gravatscha-See, innerhalb des En-Bogens, im Giessen der Aue Cristansains sowie im Promulins- und im Saxbach. Wegen ihrer teilweise kolmatisierten Sohlen waren En und Flaz in diesem Gebiet als Reproduktionsräume für die Bachforellen eher ungeeignet.

Schon in der ersten Laichperiode nach der Verlegung des Ens im Herbst 2005 hatte sich das Hauptlaichgebiet der Bachforellen in den neuen En-Abschnitt unterhalb der Kantonsstrassen-Unterquerung verlagert. Auf rund 1 km Fließstrecke wurden bereits 75 Forellenlaichgruben gezählt. Im folgenden Jahr kamen Repro-



Bild 7. Links: Elektro-Abfischung im Bereich der En-Ausleitung unterhalb Samedan; rechts: laichreife Äschen auf den neuen Kiesflächen in demselben Bereich.
Fotos: Körner, Rey



Bild 8. Links: Die reaktivierten Giessenbäche der Aue Cristansain sind ein neues Laichgebiet und Jungfischhabitat für Äschen; rechts: Äschen-Sömmerringe aus Cristansains.
Fotos: Rey

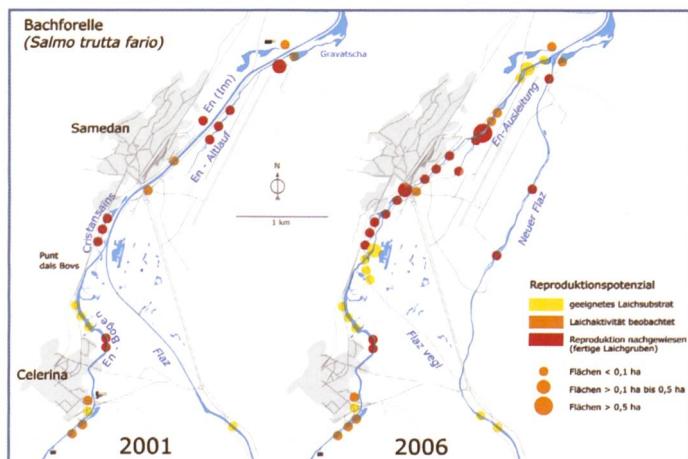


Bild 9. Nachgewiesene und vermutete Reproduktionsareale für Bachforellen im Gewässernetz zwischen Celerina und der neuen Flazmündung. Vergleich der Beobachtungen und Untersuchungen 2001 mit den Jahren 2005 und 2006.

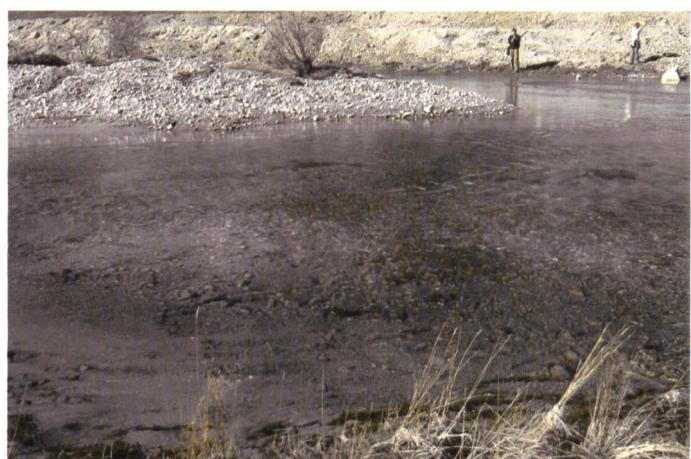


Bild 10. Laichgruben im En nahe der neuen Mündung des En-Altlaufs nur 5 Wochen nach der En-Ausleitung.
Foto: Rey

duktionsnachweise im restrukturierten En-Kanal in Samedan, aber auch im neuen Flaz hinzu (Bilder 9 und 10).

1.4 Jungfischhabitate

Eine wesentliche Verbesserung der fischbiologischen Verhältnisse stellt die Zunahme der Jungfischhabitale für Bachforellen und insbesondere für Äschen dar. Im Jahr der ersten Voruntersuchungen (2001) konnten sich frisch geschlüpfte Äschen lediglich im mittleren Teil des En-Bogens und

in drei seiner Seitenarme entwickeln. Der En vor Samedan war zur Entwicklungszeit der Äschen nicht nur durch den hohen Anteil kalten, trüben Flazwassers, sondern auch durch das Fehlen strömungsberuhigter Zonen als Jungfischhabitat ungeeignet. Entgegen älterer Beobachtungen konnten im Jahr 2001 auch im Fliessgerinne der Aue Cristansains keine Äschenjungfische nachgewiesen werden.

Nach der Verlegung der Flazmündung flussabwärts – noch vor der Restruk-

turierung des Ens – nahm die Zahl der im En vor Samedan beobachteten Äschen-jungfische stark zu (Bild 11). Dies deutet darauf hin, dass der physikalisch-chemische Charakter des Schmelzwassers aus dem Flaz tatsächlich ein entscheidendes Verbreitungshindernis für Jungäsen darstellte. Die Altersklassenverteilung, die zuvor von grossen, laichreifen Äschen im Frühjahr dominiert war, zeigte nun eine für naturverlaichte Äschenpopulationen nahezu typische Kurve. Nach der En-Aus-

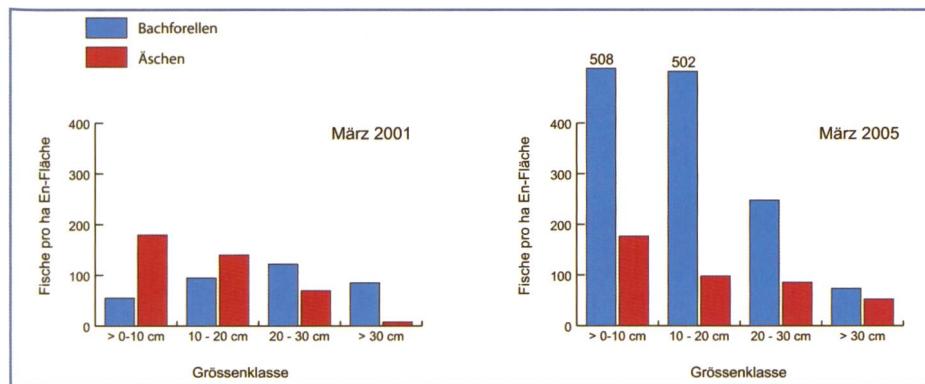


Bild 11. Geschätzte Hektarbestände für Äschen und Bachforellen im En bei Samedan (oberhalb En-Ausleitung), aufgeteilt nach Größenklassen. Links die Situation im März 2001 (Vorzustand), rechts die Situation im März 2005 (nach Flazumleitung, aber noch vor der Restrukturierung des En).

leitung und der Anbindung der Aue Cristansains an den En nahmen die für Äschen als Jungfischhabitat geeigneten Gewässerbereiche weiter zu.

Auch für die Bachforellen-Jungfische haben sich die Habitatangebote im gesamten Projektperimeter verbessert. Durch die naturnahe Gestaltung des Gewässernetzes kam es zu einer mosaikartigen Verteilung geeigneter Mesohabitate über den gesamten Projektperimeter (vgl.

Bild 2). Der Bestand an jungen Bachforellen hat sich vor allem im neuen En-Abschnitt unterhalb Samedan deutlich vergrössert.

2. Makrozoobenthos

Als Makrozoobenthos oder Makroinvertebraten bezeichnet man die wirbellosen Kleintiere der Gewässersohle, die mit bloßem Auge sichtbar und damit in der Regel über 1 mm gross sind. Makroinvertebraten sind als Indikatoren des Gewässerzu-

standes besonders geeignet, weil sie

- aufgrund ihrer überschaubaren Entwicklungszeiten (<1 Jahr bis ca. 4 Jahre) sehr schnell auf Veränderungen im Gewässerzustand reagieren (Verschwinden, Erscheinen, Veränderung in der Besiedlungsdichte),
- relativ ortsgebunden sind und daher den jeweils herrschenden Gewässerzustand und dessen Veränderung räumlich eingrenzbar machen.

Makroinvertebraten reagieren dabei sowohl auf Veränderungen der Wasserqualität (als Saprobie-Zeiger), des Nährstoffangebotes (als Trophie-Zeiger), als auch in besonderem Masse auf hydro-morphologische Veränderungen.

2.1 Populationsdynamik der Besiedlung und typische Arten

2.1.1 Wasserinsekten dominieren die alpinen Gewässer

Die Lebensgemeinschaften der Makroinvertebraten in alpinen Lagen sind von Wasserinsekten geprägt (Bild 12), deren Lebenszyklus als Larve im Wasser beginnt



Bild 12. Ausgewählte und für das Gewässersystem typische wirbellose Kleintiere (Makroinvertebraten). Fotos: Mürle, Werner, Rey.



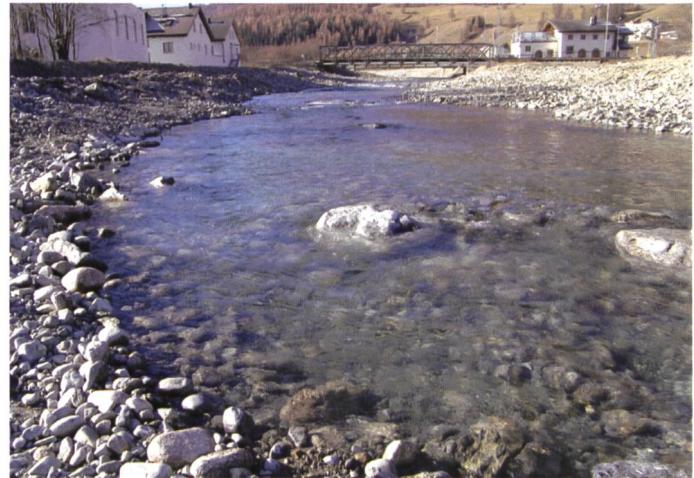
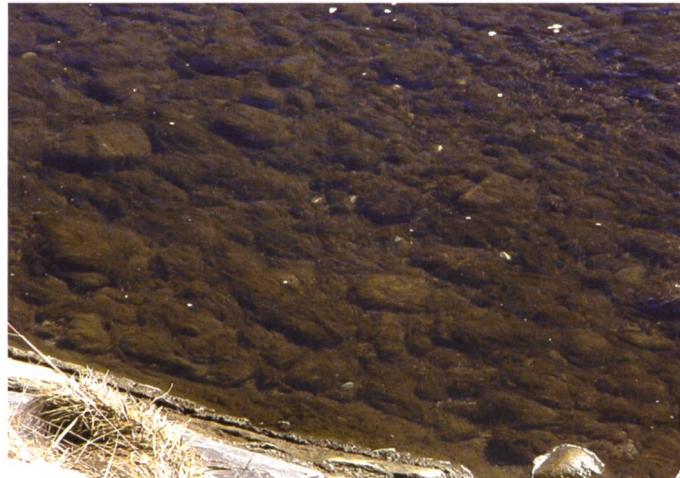


Bild 13. Links: dicht mit fädigen Kieselalgen bewachsene, monotonen Sohle des En vor der Verlegung der Vorflut der ARA Staz (März 2001) und der Restrukturierung (2005). Rechts: heutige En-Sohle (März 2006). Fotos: Rey.

und als flugfähige Imago (erwachsenes Insekt) an Land endet. Neben diesen sogenannten hemilimnischen (nur teilweise auf Wasser angewiesenen) Arten findet man im betrachteten Projektgebiet aber auch hololimnische, ständig im Wasser lebende Kleintiere wie Würmer, Schnecken und Flohkrebse. Diese sind auf stabile Wasserführung angewiesen und im Gebirge vor allem in Auenbereichen und Stillgewässern zu finden.

Je lebensfeindlicher und von der Wasserführung her unsicherer der Lebensraum für Kleinlebewesen ist, desto höher ist sein Anteil an spezialisierten, in diesem Falle an hemilimnischen und vagilen (frei beweglichen) Wasserinsekten. Sie können dem hydraulischen Stress widerstehen, wechselnden Wasserständen schnell folgen und als Imagines zwischen verschiedenen Gewässern Kompensationsflüge durchführen. Generalisten, zwar sehr produktive, aber bezüglich ihres Lebensraumes anspruchslose Arten, sind in strukturell monotonen Gewässern häufig, haben aber in den typischen Extremlebensräumen der Alpen keine Chancen, gegen Spezialisten zu konkurrieren.

2.2 Grundsätzliche Veränderungen im Lebensraum des Makrozoobenthos

2.2.1 Veränderungen im En

Wie die Fische, so wurden auch die Makroinvertebraten von der Verlegung und Umgestaltung des En und Flaz beeinflusst. Darüber hinaus veränderte sich die Nährstoffsituation im En durch die Verlegung der Einleitung von vorgeklärtem Abwasser aus der ARA Staz (Celerina) zunächst bis zur neuen Flazmündung und letztlich in die geplante Grosskläranlage Schanf.

Der En im Projektgebiet zeigte bei

den Voruntersuchungen des Jahres 2001, aber auch noch 2004 zwei für Benthosorganismen entscheidende und für einen natürlichen Gebirgsfluss untypische Charaktereigenschaften (Bild 13). Er besaß

- eine relativ monotonen, teilweise kolmatierte Sohle;
- das ganze Jahr über einen dichten Bewuchs an fädigen Kiesel- und Grünalgen.

Nach der Umstrukturierung und der Verlegung der ARA-Vorflut hatte sich der En vor Samedan zu einem typischen, sehr strukturreichen Gebirgsgewässer gewandelt (Bild 13). Er wird zwar wie ein Seeabfluss von Wasser des St. Moritzer-Sees gespeist; dessen Nährstoffeintrag ist jedoch gering. Der Schwallbetrieb des KW St. Moritz führt darüber hinaus zu täglichen Wasserstandsschwankungen, die zusätzlichen hydraulischen Stress verursachen.

2.2.2 Veränderungen im Flaz

Die Veränderungen im Flaz sind noch grundsätzlicher Art. Das alte, strukturell

monotone Kanalgerinne wurde zum kleinen Bergbach Flaz vgl umgewandelt und mit dem Neuen Flaz wurde ein völlig neues, gebirgsflusstypisches Gewässer geschaffen. Wie beim En, so entstanden auch im Neuen Flaz und im Flaz vgl durch die Um-lagerung von Substraten anstelle gleichförmiger Stein- und Schotterflächen Mosaik verschiedener Choriotope (Kleinlebensräume unterschiedlichen Charakters).

2.2.3 Veränderungen der anderen Gewässer im Projektgebiet

Auch die strukturellen Veränderungen in den restlichen Gewässern des Projektgebietes, z.B. der Stillgewässer und der Aue Cristansains, haben zu einer Neu-sortierung der Kleinlebensräume geführt. Vor allem von der Auenreaktivierung und der verbesserten Gewässervernetzung im System wird erwartet, dass nach und nach weitere aquatische Lebensraumtypen entstehen, die sich wiederum durch ein besonderes Spektrum von Kleintieren auszeichnen.

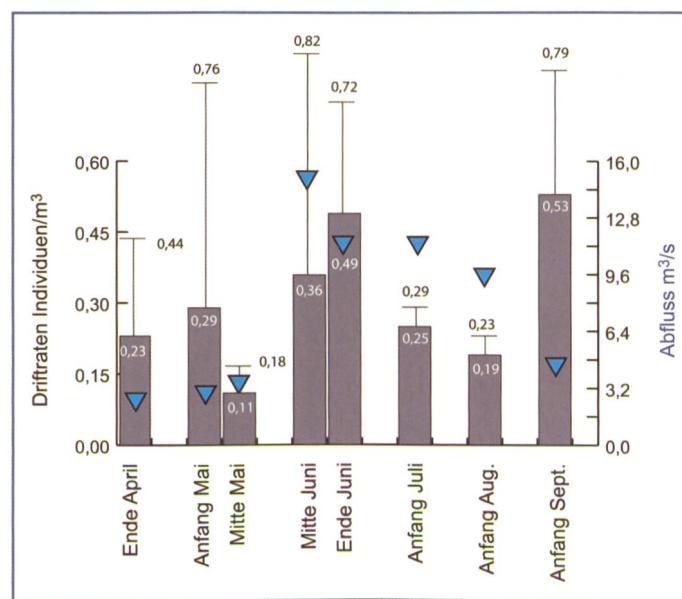


Bild 14. Eindrift-Raten von Zoobenthosorganismen in den neuen Flaz nach seiner Flutung Ende April 2004, Individuen/m³, Mittel (graue Säulen) und Tagesmaxima (Strichbalken). Blaue Dreiecke: Abfluss (Pegel Berninabach), Tagesmittel der Driftmesstage.

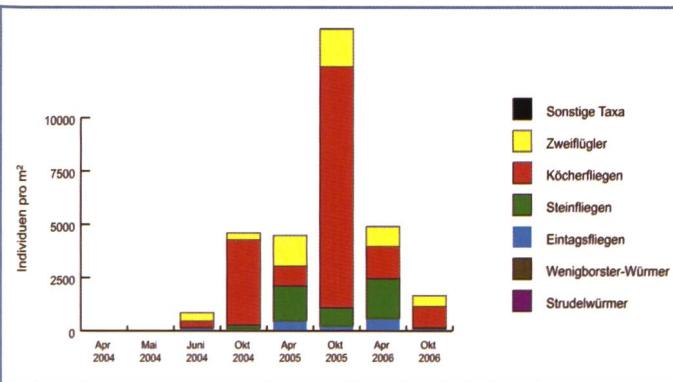


Bild 15. Makrozoobenthosbesiedlung im Neuen Flaz, Individuendichte (links), Anzahl Taxa (rechts).

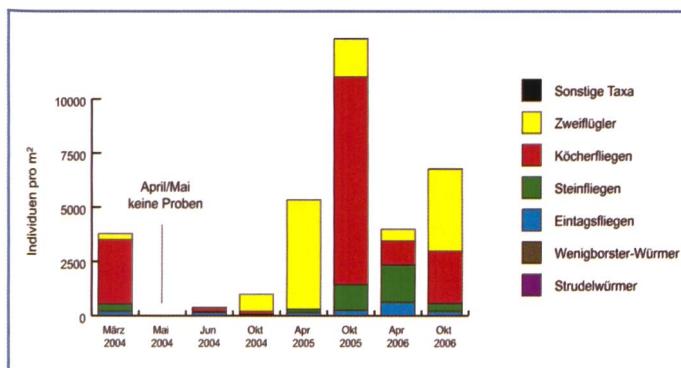
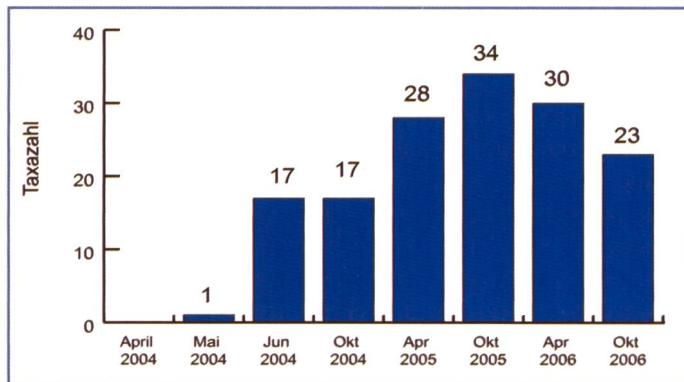


Bild 16. Makrozoobenthosbesiedlung im Flaz vegl, Individuendichte (links), Anzahl Taxa (rechts).

2.3 Reaktionen des Makrozoobenthos

Die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften in den Gewässern des Projektgebietes unterliegt starken jahreszeitlichen Schwankungen mit zeitweilig massenhaftem Auftreten einzelner Arten. Von diesem Phänomen überdeckt spiegelt die Wirbellosenfauna der Gewässersohle aber sehr gut die jeweiligen morphologischen Verhältnisse in den unterschiedlichen Gewässern wider.

Die Lebensgemeinschaften in En und Flaz waren vor der Umgestaltung der Gewässer ähnlich zusammengesetzt. In ihnen lebten fast ausschliesslich Insektenlarven. Im En wurden die Biozönosen dabei stärker von weniger spezialisierten Arten, hauptsächlich Zuckmücken, geprägt, die in den dichten Algenwatten ideale Nahrungsverhältnisse und guten Strömungsschutz fanden. Im Flazkanal waren die Anteile von Eintags-, Stein- und Köcherfliegenlarven höher.

Die Gewässer der Aue Cristansains und der Champagnatscha warteten mit speziellen Artenzusammensetzungen auf. Hier und im naturnahen En-Altlauf hatte sich als Besonderheit auch eine Molluskenfauna ausgebildet. Weitere Stillwasserarten, u.a. Grosslibellen wie die Torf-Mosaikjungfer, leben im Hochmoor am Pé d'Munt.

In der Folge der Strukturierungsmassnahmen hat sich im En und Flaz eine

Vielfalt von Mesohabitaten ausgebildet, die grösstenteils bergbach-/gebirgsfluss-typischen Charakter besitzen. Diese Habitate werden nun in beiden Gewässern in vergleichbarer Zusammensetzung und Dichte von typischen Bergbacharten dominiert. Durch die Reduktion der Algenwatten gingen auch die früheren Massenentwicklungen von Zuckmückenlarven im En zurück.

2.4 Beispielhafte Besiedlungsentwicklung

Für die vergleichenden Betrachtungen der Makrozoobenthos-Besiedlung wurden exemplarisch die Besiedlungsentwicklungen im Neuen Flaz und im Flaz vegl herangezogen. Für diese beiden Fliessgewässer liegen die bisher umfangreichsten Untersuchungsergebnisse vor.

2.4.1 Zoobenthosdrift als Besiedlungsquelle

Am Neuen Flaz konnte die Besiedlung eines zuvor nicht existierenden Fliessgewässers verfolgt werden – beginnend mit der ersten Flutung Ende April 2004. Erste wirbellose Kleintiere, vor allem Köcherfliegen- und Zuckmückenlarven (Bild 12 h, j, k), drifteten bereits innerhalb der ersten Stunden aus oberhalb liegenden Abschnitten in das neue Flaz-Gerinne ein (WEL 3/4 2005, S. 96 ff.). Weil die Driftraten während der zunächst herrschenden niedrigen Abflüsse sehr gering waren, hatte sich auch

fünf Wochen nach der Flutung noch keine stabile Makrozoobenthos-Fauna auf der Sohle des Neuen Flaz etabliert (Besiedlungsdichten von 1 bis 15 Individuen/m²).

Mit Zunahme der Abflussmengen von <1 m³/s auf über 15 m³/s Anfang Juni 2004 stiegen die mittleren Eindriftzahlen auf maximal 0,82 Ind./m³ (Mittel 0,36 Ind./m³) (Bild 14, Probe Mitte Juni). Dieser vergleichsweise geringe Wert entspricht aber immerhin rund 36 000 eindriftenden Organismen pro Stunde. Die endgültige Kolonierung des Neuen Flaz erfolgte danach innerhalb von nur 3 Tagen (6.6. bis 9.6.04).

2.4.2 Besiedlungsdichten und Taxazahlen

Schon bald hatten sich die Makroinvertebraten auf der Flussohle des Neuen Flaz auf mittlere Individuendichten von ca. 4500–5000 Ind./m² eingependelt (Bild 15). Die extrem hohen Zoobenthosdichten vom Herbst 2005 (an einzelnen Probestellen >18 000 Ind./m²) zeigten früh, welches Potenzial an Biomasse der Neue Flaz besitzt. Im Oktober 2005, also etwa 1½ Jahre nach der Flutung, war das bisherige Maximum an unterschiedlichen Arten erreicht (34 Arten, Bild 15). Das neu entstandene Gewässer unterscheidet sich seither weder in seinem Artenspektrum noch in seinen Besiedlungsdichten mehr von einem natürlichen Gebirgsfluss der selben Höhenstufe. Der Flaz vegl hat während seiner Umgestaltung immer Wasser

geführt und war daher auch durchgehend besiedelt, wenn auch bisweilen sehr spärlich (*Bild 16*). Im Gegensatz zum Neuen Flaz drifteten in den kleinen Bergbach, der aus dem ehemaligen Flazkanal entstanden ist, kaum Organismen ein, weil seine Speisung unterirdisch erfolgt und der Maximalabfluss 1,5 m³/s nicht übersteigt. Man muss also davon ausgehen, dass die entscheidenden Besiedlungs-Impulse und Wiederbesiedlungsprozesse vor allem durch Wasserinsekten gesetzt werden, die zur Eiablage einfliegen. Dennoch hat sich auch im Flaz vegl eine typische Benthosbiozönose eines Bergbachs etabliert, obwohl dieser Prozess etwas länger dauert hat als im Neuen Flaz. Auch im Flaz vegl wurden bereits im Oktober 2005 aussergewöhnlich hohe Besiedlungsdichten erreicht und eine Zusammensetzung der Biozönose, die stark derjenigen im Neuen Flaz ähnelt.

3. Vorläufiges Fazit

Die Massnahmen des HWS Samedan wurden von Anfang an durch eine ökologische Planungskommission begleitet (vgl. Hauptartikel Evaluation Flaz, (vgl. dieses Heft, Seite 199 «Aspekte und Effekte der ökologischen Begleitplanung» sowie WEL 3/4, 2005, S. 96–101). So wurde im vorgegebenen Rahmen nicht nur das technische, sondern auch das ökologische Verbesserungspotenzial des Projektes ausgenutzt.

3.1 Fische

Für die Fische haben sich die Lebensraumverhältnisse schnell und im gesamten Gewässersystem verbessert. Schon jetzt ist sicher, dass sich im Vergleich zum Vorzustand die Bestandesdichten von Äschen, Bachforellen und Elritzen deutlich erhöht und ihre Reproduktionsmöglichkeiten wesentlich verbessert haben. Die Alterszusammensetzung der Populationen nähert sich zusehends einem natürlichen Zustand an, ein gutes Indiz für eine funktionierende, stabile Naturverlaichung. Fischbiologisch kann die Erfolgskontrolle des Projektes somit – im positiven Sinne – als abgeschlossen betrachtet werden. Die bisher umfangreichen jährlichen Untersuchungen werden ab Frühjahr 2008 in ein

Langzeit-Monitoringprogramm des Amtes für Jagd und Fischerei überführt.

3.2 Makrozoobenthos

Die bisher beobachteten Veränderungen in der Zusammensetzung des Makrozoobenthos ausgewählter Gewässer lassen zwei zentrale Aussagen zu:

- die wasserbaulichen Massnahmen des HWS Samedan haben zu einer Wiederbelebung (Revitalisierung) des noch vorhandenen biologischen Potenzials geführt;
- auch die Lebensgemeinschaften der Wirbellosen in den Gewässern des Projektgebietes nähern sich immer mehr einem natürlichen Referenzzustand (Biozönosen ungestörter Gebirgsgewässer).

Ausschlaggebend für diese positive Entwicklung ist, dass an vielen zuvor monotonen Gewässerabschnitten nun verschiedenartige Lebensräume entstanden sind. In ihnen kann sich ein ebenso verschiedenartiges Artenspektrum etablieren.

Da die hydromorphologische Entwicklung innerhalb der umgestalteten Gewässer und die Lebensraumvernetzung noch lange nicht abgeschlossen sind, ist auch mit weiteren dynamischen Veränderungen bei den Makrozoobenthos-Biozönosen zu rechnen. Durch die allmählich einsetzende Entwicklung der Ufervegetation werden sich auch die Bedingungen für die Adultstadien (Imagines) und für die Fortpflanzung der Wasserinsekten zusehends verbessern, was weiteren Arten die Zuwanderung ermöglichen kann bzw. einen höheren Reproduktionserfolg ermöglicht.

Die hier vorgestellten exemplarischen Ergebnisse des gewässerökologischen Monitorings an Flaz und En vermitteln einen ersten Eindruck von den biologischen Veränderungen im Rahmen eines der grössten Hochwasserschutzprojekte der Schweiz in den letzten Jahrzehnten. Sie zeigen, dass das Hochwasserschutzprojekt Samedan ökologische Verbesserungen für die Gewässerfauna des Projektgebietes und darüber hinaus für das gesamte Gewässersystem bewirkt hat.

Literatur:

BUWAL (2002). Äschenpopulationen von nationaler Bedeutung. Bearbeitung: Kirchhofer, A., Breitenstein, M. & Guthruf, J.. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Mitteilungen zur Fischerei Nr. 70. ca. 120 Seiten.

Fatio, V. (1880). Faune des Vertébrés de la Suisse, Vol. V. Histoire naturelle des poissons, II ème partie. 576 pages

Lorenz, P. (1898). Die Fische des Kantons Graubünden. Jahresbericht der naturforschenden Gesellschaft Graubünden 41: Seite 120

Schager, E. & Peter, A. (2004). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer-Fische Stufe F (flächendeckend). Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 44. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). 63 Seiten

Steinmann, P. (1928). Fischereiliches aus dem Engadin. Schweiz. FischereiZ. 36: 289–293

Anschriften der Verfasser:

Andreas Becker, HYDRA, Gartenstr. 79
D-69168 Wiesloch
Tel. +49 6222 939 939
a.becker@hydra-institute.com

Peter Rey, HYDRA, Fürstenbergstr. 25
D-78467 Konstanz
Tel. +49 7531 924 000
p.rey@hydra-institute.com

Uta Mürle und Johannes Ortlepp, HYDRA
Mühlweg 17, D-75223 Öschelbronn
Tel. +49 7233 81495
u.muerle@hydra-institute.com
j.ortlepp@hydra-institute.com

Dr. Pascale Steiner, Pèsch viv, Büro für Fischereifragen und Gewässerökologie
Via Sogn Paul 1, CH-7403 Rhäzüns
steinerpa@aol.com

Dr. Marcel Michel, Amt für Jagd und Fischerei Graubünden, Loëstr. 14, CH-7001 Chur
Tel. 081 257 38 94, marcel.michel@ajf.gr.ch

Reto Gritti, Amt für Jagd und Fischerei Graubünden, Fischereiaufsicht - Fischzucht
CH-7500 St. Moritz
Tel. 081 833 67 52, reto.gritti@ajf.gr.ch