

Entomologica Austriaca	14	5-16	Linz, 23.2.2007
------------------------	----	------	-----------------

Art-Eigenschaften in Insektenzönosen alpiner Fließgewässer als wirksames Instrument zur Interpretation anthropogener Eingriffe

L. FÜREDER

Abstract: **Species traits in insect communities of alpine running waters as a successful tool for the interpretation of anthropogenic impacts.** Alpine running waters are naturally either influenced by glacial run-off, snow-melt and/or groundwater. They may share common attributes like draining large altitudinal gradients, have high current velocities and pronounced dynamics of discharge, but the different water sources and their varying contributions result in a distinct discharge pattern and a specific composition of physical and chemical factors. In recent investigations we could demonstrate that the glaciation of the catchment plays an important role on the hydromorphology and the aquatic fauna. Subsequently, we tested the effect of glaciation on the benthic communities, applying a preliminary set of species traits. Most of the defined traits corresponded strongly to the gradient of glaciation. For the present study, we applied the same set of species traits on the fauna from Alpine rivers, comparing reference sites and sites with residual water flow. Also here, the application of reasonable species traits within the aquatic community increased our understanding of the structure and function in these ecosystems. The same is true for the interpretation of the effect from environmental impacts.

Key words: aquatic insects, species traits, environmental conditions, alpine streams, anthropogenic change.

Einleitung

Fließgewässer bilden von den Oberläufen bis zu ihren Mündungsbereichen keine einheitlichen, homogenen Lebensräume, sondern die Umweltfaktoren und die davon geprägten Lebensgemeinschaften unterliegen einem Wandel im Längsverlauf. Diese Veränderungen können über größere Abschnitte kontinuierlich verlaufen (z. B. VANNOTE et al. 1980), zeigen oft aber auch Diskontinuitäten (z. B. STATZNER & HIGLER 1985, WARD & STANFORD 1983). Klima, Menge und jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge, Geologie und Vegetation des Einzugsgebietes sowie die Ufervegetation beeinflussen die Hydrologie eines Gewässersystems, während Temperaturgradienten, Substratzusammensetzung, Fluss- und Bachbettmorphologie sowie chemische Faktoren den örtlichen Charakter eines Fließgewässerabschnittes prägen. In alpinen und arktischen Regionen ist der Bachcharakter aber in besonderer Weise von der Herkunft des Gewässers und der größeren Nebenflüsse geprägt. Den Schmelzwässern der Gletscher kommt dabei große Bedeutung zu (FÜREDER 1999, BRITAIN & MILNER 2001, WARD & UEHLINGER

2003). Folglich wurden die Fließgewässer zwischen der permanenten Schneegrenze und der Baumgrenze grundsätzlich drei Fließgewässertypen zugeordnet (STEFFAN 1971, WARD 1994), die als "Kryal", "Krenal" und "Rhithral" bezeichnet wurden. Der von der Gletscherschmelze geprägte Abschnitt (Kryal) wird dem Quellbach (Krenal) und dem von saisonalen Niederschlägen und Schneeschmelze geprägten Bächen gegenübergestellt. Da der Gletschereinfluss über längere Distanzen wirksam ist und sich auch in den Habitateigenschaften und in der Faunenzusammensetzung im Bachabschnitt zeigt, wurden diese Bereiche als "Glazio-Rhithral"-Strecken bezeichnet (FÜREDER 1999).

Auf relativ kleinem Raum können sich Schnee- und Eisbedeckung deutlich unterscheiden, sodass man innerhalb der Fließgewässersysteme verschiedene Abschnitte definieren kann, die den relativen Anteil von Gletscherabfluss, Schneeschmelzwasser und Grund- oder Quellwasser widerspiegeln. Dementsprechend wurden alpine Fließgewässer als komplexes Mosaik aus Kryal-, Krenal- und Rhithralabschnitten bezeichnet (MCGREGOR et al., 1995), wobei jedem dieser Fließgewässertypen eine eigene Vergesellschaftung von Organismen eigen ist (BRETSCHKO 1969, WARD 1994; FÜREDER 1999). In jüngsten Untersuchungen wurde gezeigt, dass je nach Herkunft des Wassers eine charakteristische Abflussdynamik mit unterschiedlichen physikalischen (Temperatur und Sedimenttransport) und chemischen Eigenschaften vorherrschen kann (TOCKNER et al. 1997, SHARP et al. 1998, FÜREDER et al. 2001, SMITH et al. 2001, BROWN et al. 2003), was sich normalerweise auch auf die Zusammensetzung der Gewässerfauna auswirkt (FÜREDER et al. 2001). Die dabei festgestellten Unterschiede konnten teilweise durch die gewässertypischen Umweltfaktoren erklärt werden, wie zum Beispiel das Ausmaß der Vergletscherung (z. B. beim Vergleich eines Gletscherflusses mit einem Gebirgsfluss ohne Gletscher im Einzugsgebiet: FÜREDER et al. 2000, FÜREDER et al. 2001, SCHÜTZ et al. 2001), die Geologie des Einzugsgebietes (z. B. Kalk- und Silikatgesteine) oder das Auftreten und Ausmaß von Störungen (z. B. jahreszeitliche Hochwasserereignisse durch Schneeschmelze verglichen mit ausgeglichenem Abfluss durch Grundwassereintritt: MILNER & PETTS 1994, WARD 1994, TOCKNER et al. 1997).

Die gewässertypcharakteristischen Gegebenheiten unserer Gebirgsbäche können ein breites Spektrum einnehmen, können aber im Falle der Gletscherbäche durchaus extrem sein (WARD 1994, MILNER & PETTS 1994, FÜREDER 1999, BRITAIN & MILNER 2001): geringe Temperaturen übers ganze Jahr, große tägliche Abflussschwankungen im Sommer mit Abflussspitzen am späten Nachmittag, hohe Trübstoffkonzentration, beides verursacht durch das Abschmelzen des Gletschereises, und eine daraus resultierende geringe Bachbettstabilität. Weiter bachabwärts zeigen die Systemeigenschaften der Gewässer durch den zunehmenden Abstand zum Gletscher, der Jahreszeit, ihrer Exposition und dem Beitrag von Wasser aus unvergletscherten Regionen oder Einzugsgebieten eine allmähliche Veränderung (FÜREDER et al. 2005).

Im Gegensatz dazu sind grundwassergespeiste Bäche oder Krenalabschnitte typischerweise durch ein relativ konstantes Abflussregime, höhere Sommer- aber auch Wintertemperaturen, eine größere Konstanz der physikalisch-chemischen Bedingungen und auch eine geringere Trübstoffführung charakterisiert (FÜREDER et al. 2001, STAUDINGER & FÜREDER 2005).

Der Einfluss der Gletscherschmelze auf Fließgewässerökosysteme beschränkt sich also nicht nur auf die Oberläufe, sondern kann sich über lange Strecken flussabwärts fortsetzen (FÜREDER 1999). Talgletscher können in manchen Regionen sogar bis unter die

Baumgrenze vordringen sodass die vom Gletscherabfluss dominierten Flussabschnitte weit in die Niederungen reichen können; in weiten Teilen des Nordens erreichen sie sogar Meeressniveau (BRITTAIN et al. 2000, CASTELLA et al. 2001). Eine deutliche Auswirkung auf die Gewässerzönosen ist folglich auch auf die flussabwärts gelegenen Abschnitte zu vermuten. Der Einfluss der Vergletscherung auf Taxazahl und Abundanz der Fauna konnte durch FÜREDER et al. (2002) bereits dargestellt werden, wobei dieser Zusammenhang keine direkte Abhängigkeit mit der Meereshöhe zeigte.

Der Großteil der ökologischen Studien an Gletscherbächen wurde in Oberläufen und in Abschnitten über oder an der Baumgrenze durchgeführt (BRITTAIN & MILNER 2001, WARD & UEHLINGER 2003). Abgesehen von ganz wenigen Arbeiten (z. B. BURGHERR & WARD 2001) gibt es daher kaum wissenschaftliche Veröffentlichungen, die den Einfluss der Gletscherschmelze auf die Struktur und Funktion der benthischen Gewässerzönose in tieferen Lagen und in beträchtlichen Abstand zum Gletscher beschreibt. Angesichts der vielfältigen Szenarien des Klimawandels (Gletscherrückgang) und der fortschreitenden Beeinträchtigung durch den Menschen (Wasserausleitung zur Energieversorgung), kommt der Untersuchung dieser kausalen Zusammenhänge in vergletscherten Einzugsgebieten große Bedeutung zu.

Die extremen und für viele Arten lebensfeindlichen Gegebenheiten in Gletscherbächen setzen der erfolgreichen und nachhaltigen Besiedlung durch wasserlebende wirbellose Tiere deutliche Grenzen. Das Vorkommen einer bestimmten Art kann daher nur als ein direkter Ausdruck ihrer autökologischen Eigenschaften und ihres Vermögens, diese Gegebenheiten zu tolerieren oder sich anzupassen, interpretiert werden (WARD 1992, FÜREDER 1999). Folglich ist die Gletscherbachfauna in ihrer Artenzahl (und auch Individuendichte) stark dezimiert, eine Änderung im Längsverlauf ist deutlich ausgeprägt und auch gut prognostizierbar (MILNER & PETTS 1994, WARD 1994, FÜREDER et al. 2001).

Diese Unterschiede der Gewässerzönosen mögen den hohen Grad der Spezialisierung der vorkommenden Arten in alpinen Bächen widerspiegeln (FÜREDER 1999) – zahlreiche Arten zeigen im Vergleich zu ihren Nahverwandten in anderen Gewässern einen engen Toleranzbereich in Bezug auf mehrere Umweltfaktoren (z. B. Temperatur, Strömung, Nährstoffkonzentration). Das Überleben unter den Extrembedingungen in Gletscherbächen setzt besondere physiologische Anpassungen und/oder besondere Adaptationen im Lebenszyklus voraus. Folglich sind bei Vergleich mit Organismen aus weniger extremen Lebensräumen durchaus Modifikationen in Generationsdauer, Larvalwachstum und Ei- sowie Larvalentwicklung zu erwarten. Form, Ausmaß und Wirkung dieser potentiellen Anpassungen der Gletscherbachbewohner sind aber kaum durch wissenschaftliche Untersuchungen und Experimente belegt.

Es besteht derzeit generelle Übereinstimmung, dass der Klimawandel, aber auch andere direkte und indirekte Beeinträchtigungen das hydrologische Regime vieler Fließgewässer nachhaltig beeinträchtigen wird. Besonders sind dabei die Gletscherabflüsse betroffen (MCGREGOR et al. 1995). Der fortschreitende Ausbau der Wassernutzung, wie Ausleitungen zur Energieerzeugung und Bewässerung, und die sich ständig ausdehnende Landnutzung werden wesentliche Eingriffe in die Struktur und Funktion der Fließgewässerökosysteme mit sich bringen (e.g. BOON 1992, BRITTAIN & SALTVEIT 1989, PETTS & BICKERTON 1994).

Der kausale Zusammenhang zwischen den Umweltfaktoren und den biologischen und

ökologischen Eigenschaften/Merkmalen (Englisch: "traits") von Fließgewässerbewohnern wurde durch die Entwicklung von statistischen Methoden und Analyse digital verfügbarer Informationen ermöglicht (DOLÉDEC et al. 1996, DOLÉDEC et al. 2000, STATZNER et al. 2004). Bislang liegen derartige Studien fast ausschließlich aus Flüssen der tieferen Lagen (meist größere Flüsse) vor.

Inzwischen beruhen zahlreiche Untersuchungen zur funktionellen Diversität der Gewässerzönosen auf der Analyse biologischer und ökologischer Art-Eigenschaften (STATZNER et al. 1994, USSEGLIO-POLATERA et al. 2000). Als konzeptioneller Hintergrund fungiert dabei die Annahme, dass bestimmte Umweltfaktoren als eine Art Filter für die Herausbildung spezieller Eigenschaften von Organismen wirken. Die Kombination bestimmter Art-Eigenschaften wird als adaptive Lösung gegenüber bestimmter Gegebenheiten des Lebensraumes erachtet (SOUTHWOOD 1988, STATZNER et al. 2001, CHESSMAN & ROYAL 2004). Sinngemäß, kann auch angenommen werden, dass die extremen Umweltfaktoren in Gletscherbächen die Filter zur Entwicklung oder Herausbildung biologischer und ökologischer Art-Eigenschaften darstellen. Bis heute wurde dieses Konzept noch kaum in alpinen und arktischen Fließgewässern angewandt (siehe aber SNOOK & MILNER 2002, ILG & CASTELLA 2006, FÜREDER im Druck).

Ziel dieser Arbeit war es, die Auswirkungen der Wasserentnahmen auf die strukturellen und funktionellen Eigenschaften von Fließgewässerzönosen mit Hilfe der Anwendung von biologischen und ökologischen Art-Eigenschaften zu erfassen. Da noch kaum Erfahrungen von derartigen Studien aus den Alpen vorliegen, galt es auch, Referenzstrecken mit Ausleitungsstrecken hinsichtlich der Anwendbarkeit dieser Methode in unseren Gebirgsbächen zu testen.

Methoden

Für die Charakterisierung der Zoozönosen alpiner Fließgewässer wurden verfügbare Datensammlungen von Gebirgsbächen der Alpen verwendet. Die Daten wurden von der ARGE Limnologie freundlicherweise zur Verfügung gestellt. An fünf Gebirgsflüssen (Tab. 1), wo ein Teil des Wassers zur Energieerzeugung ausgeleitet wird, wurden jeweils eine Referenzstrecke (meist oberhalb der Ausleitung) und die Ausleitungsstrecke untersucht. Innerhalb der Ausleitungsstrecke gab es mehrere Untersuchungsabschnitte (2-3), die in zunehmender Entfernung zur Entnahme gewählt wurden. Für die Anwendung der Art-Eigenschaften fanden die Definitionen aus Füreder (im Druck) Verwendung, wo diese als Ausdruck der Resilienz, der Resistenz und der Anpassung an bestimmte gewässertypische Extremfaktoren für die vorkommenden Gebirgsbacharten eingestuft wurden.

Insgesamt wurden 297 aquatische Invertebraten-Taxa aus zahlreichen Untersuchungen in die Datensammlung zusammengeführt. Eine vorläufige Definition und Einstufung der Art-Eigenschaften erfolgt auf Grundlage vielfältiger Informationen aus publizierten und unveröffentlichten Arbeiten. Für die Anwendung der biologischen Art-Eigenschaften wurden Informationen aus speziellen Einstufungskatalogen (MOOG 1995, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1996) verwendet. Jede der 297 Taxa wurde hinsichtlich der Ausprägung oder des Fehlens einer der folgenden Art-Eigenschaft mit "1" oder "0" kodiert:

- 1) Resilienz-Art-Eigenschaften: a) "geringe Körpergröße" (Mehrheit der letzten Larvenstadien sind 10 mm oder weniger lang); b) "hohe Mobilität der Imagines" (Eignung zum Fliegen über Einzugsgebietsgrenzen); c) "Habitatgeneralist" (nur schwache Präferenz bezüglich eines bestimmten Habitates).
- 2) Resistanz-Art-Eigenschaften: d) "Haftorganismen" (besitzen Verhaltensmuster oder morphologische Ausbildungen, die ein besonders gutes Anheften an das Substrat ermöglicht); e) "strömungsoptimale/abgeflachte Körperform" (Tiere besitzen Körperform, die Scherkräfte reduziert und daher eine Verfrachtung durch die Strömung verhindert – ist oft mit einem typischen Verhaltensmuster gekoppelt); f) "zumindest 2 Entwicklungsstadien außerhalb des Gewässers" (Adultus und Ei, Puppe und Adultus oder Subimago und Imago bei Eintagsfliegen).
- 3) Art-Eigenschaften hinsichtlich bestimmter Extremfaktoren: g) "Kaltwasserart" (Taxa, die innerhalb eines engen, tiefen Temperaturgradienten leben); h) "Oligotrophie" (Taxa, die typisch für maximal geringe Mengen organischer Anreicherung sind, z. B. xeno- bis oligosaprobe Arten); und i) "Omnivorie" (gehören mehr als zwei funktionellen Ernährungstypen an oder ernähren sich von mehr als zwei Nahrungsformen).

Da in alpinen Fließgewässern höchst variable Umweltfaktoren vorherrschen und ihre Extremausprägung ein spezifisches Attribut von Gletschergewässern ist, sollte hier getestet werden, wie die Ausleitung von Gebirgsbächen die Bachzönosen beeinflusst und wie sich dies auf das Vorkommen, die Verteilung bestimmter Eigenschaften der vorkommenden Taxa auswirkt. Arten, die in diesen Gewässern leben, müssen mit einem Set von biologischen und ökologischen Art-Eigenschaften ausgestattet sein, die ihnen ein Überleben im gesamten Generationszyklus sichert. Strategien oder Eigenschaften der Resilienz und/oder der Resistenz können zusammen mit physiologischen und metabolischen Leistungen zum Ertragen/Überwinden tiefer Temperaturen und reduzierter Nahrungsverfügbarkeit als besonders erfolgreiche Eigenschaften der Gebirgsbachbewohner angesehen werden. In diesem Sinne werden die Art-Eigenschaften (a)-(c) der Resilienz zugeschrieben. Die Körpergröße wird als negativ korreliert mit der Generationszeit vermutet (Daten, die diesen Zusammenhang belegen, fehlen jedoch). Kleine Arten zeigen vermutlich bessere Resilienz, da die Zeitspanne zwischen Schlüpfen und Eiablage kürzer ist. Die Art-Eigenschaften (d)-(f) werden als Resistenz-Strategien gesehen, und (g)-(i) indizieren das Potential, bestimmte gewässertypische Extremfaktoren wie geringe Temperaturen und limitierte Nahrung zu ertragen.

Die Art-Eigenschaften wurden für jedes Taxon kodiert und ihre relative Häufigkeit des Auftretens innerhalb eines bestimmten Gewässerabschnittes ermittelt. Für jede dieser ausgewiesenen Gewässerklassen, Abschnitte mit natürlicher Wasserführung sowie Restwasserstrecken liegen Angaben über die mittlere Individuendichte sowie Taxazahl vor.

Ergebnisse

Durch die Wasserausleitungen ergaben sich bei Vergleich des Referenzabschnittes mit der Ausleitungsstrecke erwartungsgemäß größere Veränderungen, die jedoch auch in den einzelnen Fließgewässertypen (vergletschertes, nicht vergletschertes Einzugsgebiet, ver-

schiedene Höhenlagen) nicht homolog verliefen (Tab. 1). Generell konnte aber ein Anstieg der mittleren Individuendichte und auch der Taxazahl festgestellt werden. Die deutlichsten Veränderungen waren im Gletscherbach zu verzeichnen.

Die speziell für höher gelegene Gebirgsbäche definierten Art-Eigenschaften der Insektenzönosen sind in den ausgewählten Gebirgsbächen nur teilweise in einem deutlichen Anteil realisiert (Fig. 1). Besonders sind "geringe Körpergröße", "Anheften", "strömungsoptimale und/oder flache Körperform" in allen Bächen in einem deutlichen Ausmaß vertreten. Ein guter Teil (40-50%, und etwas darüber) besitzt die Eigenschaften "Habitatgeneralist", "Omnivor" und im geringen Teil auch "Oligotroph". Andere Eigenschaften sind nur in einzelnen Bächen ausgeprägt, z. B. "Rheobiont" im Gletscherbach, oder auch "2+ Stadien außerhalb des Wassers".

Die deutlichsten Veränderungen der Art-Eigenschaften waren im Quellbach (hier sind fast alle definierten Eigenschaften betroffen), aber auch im Gletscherbach festzustellen. Besonders deutlich fiel die Ab- und Zunahme der relativen Anteile zwischen den Bereichen oberhalb der Wasserfassung bzw. der Referenzstrecke und dem obersten Bereich der Restwasserstrecke aus.

Folgt man der Überblicksdarstellung (Tab. 2) so wird das Ausmaß der Veränderungen in der Fauna der Gebirgsbäche verursacht durch die Ausleitungen deutlich. Obwohl es einige nicht ganz einheitliche Trends gibt, überwiegen die klaren Zu- und Abnahmen der relativen Anteile bestimmter Art-Eigenschaften.

Bei Ausleitung eines Gebirgsbaches ohne Gletschereinfluss gehen viele typische Art-Eigenschaften innerhalb der Insektenzönose anteilmäßig stark zurück (Tab. 2). Besondere Merkmale, die in einem rasch fließenden Gebirgsbach von Vorteil sind, wie kleine Gestalt, Haftmechanismen, rheobiont, strömungsoptimale und/oder flache Körpergestalt, erfahren bei Veränderungen der Strömungsverhältnisse und des Abflussregimes untergeordnete Bedeutung. Oligotrophie und omnivore Insektenlarven hingegen können mit den Verhältnissen in Ausleitungsstrecken zunehmen.

Analog dazu verlieren auch die Art-Eigenschaften, die in der Referenzstrecke in Gletscherbächen vorhanden sind, in den Restwasserstrecken an Bedeutung. Stromlinienförmige oder flache Rheobionten, die kaltstenotherm, oligotroph und omnivor sind, gehen in den Ausleitungsstrecken in ihrem relativen Anteil stark zurück.

Diskussion

Die Veränderungen durch Ausleitungen betreffen nicht nur Artenzahl und Abundanz, sondern haben auch eine Verschiebung besonderer Merkmale der Resilienz und Resistenz und andere biologische Eigenschaften der Fauna, mit der die Organismen auf Extremereignisse reagieren, zur Folge. Das kann unter anderem bedeuten, dass lang angepasste Art-Eigenschaften in der Zönose verschwinden und die Systeme anfälliger für Katastrophen und Störungen werden, was in der Gebirgslandschaft keine Seltenheit ist.

Obwohl andernorts gezeigt wurde, dass die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den Art-Eigenschaften und dem Lebensraum wichtige Einblicke in Struktur und Funktion von Fließgewässerökosystemen bringt (SNOOK & MILNER 2002), sind derartige Studien relative selten. In ihrer entomologischen Überblicksarbeit demonstrierten STATZNER et al. (2001) auf anschauliche Weise, dass bereits THIENEMANN (1918; 1920)

in seinen frühen Arbeiten den Lebensraum als Filter für biologische und ökophysiologische Art-Eigenschaften der Gewässerfauna betrachtete. In seinen Untersuchungen verglich er Invertebraten, die in einer Reihe von unterschiedlichen Habitaten vorkamen. Die Artenzahl stieg mit der Habitatdiversität, die Eigenschaften der Arten innerhalb der Zönosen wurden aber immer ähnlicher je extremer das Habitat wurde.

In ähnlicher Weise stellten DOLÉDEC et al. (1999) und STATZNER et al. (2001) fest, dass sowohl die Grundlagenforschung als auch die angewandten Bereiche des Gewässermonitorings von der Analyse der Art-Eigenschaften im Spiegel der Umweltbedingungen profitieren würden. Mit einer zukünftigen breiteren Anwendung der Art-Eigenschaften könnten weite Bereiche in der alpinen Fließgewässerökologie abgedeckt werden. Einerseits können generelle ökologische Fragestellungen mit dieser Methode bereichert werden, andererseits gewinnen spezielle Themen wie die Auswirkungen des Klimawandels und der Umweltveränderungen an frischer Aussagekraft.

Klimawandel und andere direkte und indirekte Beeinträchtigungen werden das hydrologische Regime vieler Fließgewässer nachhaltig beeinträchtigen. Häufig sind davon die Gletscherabflüsse betroffen (MCGREGOR et al. 1995). Der fortschreitende Ausbau der Wassernutzung, wie Ausleitungen zur Energieerzeugung und Bewässerung, und die sich ständig ausdehnende Landnutzung werden wesentliche Eingriffe in die Struktur und Funktion der Fließgewässerökosysteme mit sich bringen (e.g. BOON 1992, BRITAIN & SALTVEIT 1989, PETTS & BICKERTON 1994).

Die benthischen Lebensgemeinschaften der Fließgewässer finden weltweit als wirksame Indikatoren für die Charakterisierung der Gewässergüte Verwendung, besonders wenn es darum geht organische Verschmutzung oder Versauerung nachzuweisen (ROSENBERG & RESH 1993; JACKSON & FÜREDER 2006). Wie bereits in einer Reihe anderer Untersuchungen gezeigt, eignet sich die Anwendung von Art-Eigenschaften der benthischen Zönose sehr gut, besonders auf die speziellen Anpassungen der zahlreichen Arten sowie auf die funktionellen Zusammenhänge einzugehen. Die Definition der Art-Eigenschaften liegt hier zwar nur in Form einer Pilotstudie an fünf Fließgewässern vor, die Ergebnisse lassen jedoch auf noch weitere Anwendungsmöglichkeiten hoffen. Zusätzlich zu den erprobten und gängigen Auswertungsmethoden im Gewässermonitoring würde die Berücksichtigung der Art-Eigenschaften wichtige Grundlagen zum Verstehen und der Interpretation der Folgen von Umweltveränderungen auf Ökosystemniveau bringen.

Danksagung

Für die Überlassung von Daten zur Anwendung dieser Methode möchte ich mich bei Michael Hubmann (ARGE Limnologie, Innsbruck) recht herzlich bedanken.

Zusammenfassung

Alpine Fließgewässer sind natürlicherweise von Gletscherabflüssen, Schneeschmelze und/oder Grundwassereinfluss geprägt. Sie können einerseits gleiche Merkmale wie das Überwinden großer Höhengradienten, hohe Fließgeschwindigkeiten und eine große Abflussdynamik aufweisen, andererseits bewirkt jede spezielle Herkunft des Wassers und deren mengenmäßige Verteilung ein charakteristisches Abflussregime und eine ganz bestimmte Zusammensetzung der physikalischen und chemischen Eigenschaften. In jüngsten Untersuchungen konnten wir zeigen, dass besonders

die Vergletscherung des Einzugsgebietes einen deutlichen Einfluss auf die Hydromorphologie eines Gewässerabschnittes und auf die Gewässerzönosen hat. Anschließend testeten wir den Effekt der Vergletscherung auf die Gewässerzönosen unter Anwendung einer vorläufigen Einstufung von Art-Eigenschaften. Diese zeigten einen klaren Zusammenhang mit dem Gradienten der Vergletscherung. Für vorliegende Studie wurde die Methode der Analyse der Art-Eigenschaften auf Referenz- und Ausleitungsstrecken in mehreren Gewässern angewandt. Auch hier bestätigte sich die gute Eignung, mit sinnvollen ausgewählten Art-Eigenschaften innerhalb der Insektzönosen mehr über Struktur und Funktion dieser Gebirgslebensräume zu erfahren. Das gleiche gilt für die Interpretation von Umweltveränderungen.

Literatur

- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996): Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. — Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 4/96: 1-543.
- BOON P.J. (1992): Essential elements in the case for river conservation. — In: BOON P.J., CALOW P. & G.E. PETTS (Eds): River conservation and management. Wiley, Chichester.
- BRETSCHKO G. (1969): Zur Hydrobiologie zentralalpiner Gletscherabflüsse. — Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft Innsbruck 1968: 741-750.
- BRITAIN J.E. & S.J. SALTVEIT (1989): A review of the effects of river regulation on mayflies (Ephemeroptera). — Regulated Rivers 3: 191-204.
- BRITAIN J.E. & A.M. MILNER (2001): Special issue: Glacier-fed rivers – Unique lotic ecosystems. — Freshwater Biology 46: 1571-1847.
- BRITAIN J.E., CASTELLA E., GISLASON G.M., LENCIONI V., LODS-CROZET B., MAIOLINI B., MILNER A.M., PETTS G.E. & S. SALTVEIT (2000): Towards a conceptual understanding of arctic and alpine streams. — Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie 27: 740-743.
- BROWN L.E., HANNAH D.M. & A.M. MILNER (2003): Alpine stream habitat classification: an alternative approach incorporating the role of dynamic water source contribution. — Arctic, Antarctic and Alpine Research 35: 313-322.
- BURGHERR P. & J.V. WARD (2001): Longitudinal and seasonal distribution patterns of the benthic fauna of an alpine glacial stream (Val Roseg, Swiss Alps). — Freshwater Biology 46: 1705-1721.
- CASTELLA E., ADALSTEINSSON H., BRITAIN J.E., GISLASON G.M., LEHMANN A., LENCIONI V., LODS-CROZET B., MAIOLINI B., MILNER A.M., OLAFSSON J.S., SALTVEIT S. & D.L. SNOOK (2001): Macrobenthic invertebrate richness and composition along a latitudinal gradient of European glacier-fed streams. — Freshwater Biology 46: 1811-1831.
- CHESSMAN B.C. & M.J. ROYAL (2004): Bioassessment without reference sites: use of environmental filters to predict natural assemblages of river macroinvertebrates. — Journal of the North American Benthological Society 23: 599-615.
- DOLÉDEC S., STATZNER B. & M. BOURNARD (1999): Species traits for future biomonitoring across ecoregions: patterns along a human-impacted river. — Freshwater Biology 42: 737-758.
- DOLÉDEC S., OLIVIER J.M. & B. STATZNER (2000): Accurate description of abundance of taxa and their biological traits in stream invertebrate communities: effects of taxonomic and spatial resolution. — Archiv für Hydrobiologie 148: 25-43.
- DOLÉDEC S., CHESSEL D., TER BRAAK C.J.F. & S. CHAMPÉLY (1996): Matching species traits to environmental variables: A new three-table ordination method. — Environmental and Ecological Statistics 3: 143-166.

- FÜREDER L. (1999): High Alpine Streams: Cold Habitat for Insect Larvae. — In MARGESIN R. & F. SCHINNER (Eds), *Cold Adapted Organisms. Ecology, Physiology, Enzymology and Molecular Biology*. Springer Verlag, Berlin.
- FÜREDER L. (im Druck): Life at the edge: habitat condition and bottom fauna of alpine running waters. — *International Review of Hydrobiology*.
- FÜREDER L., SCHÜTZ C., BURGER R. & M. WALLINGER (2000): Seasonal abundance and community structure of Chironomidae in two contrasting high alpine streams. — *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung der Limnologie* **27**: 1596-1601.
- FÜREDER L., SCHÜTZ C., WALLINGER M. & R. BURGER (2001): Physico-chemistry and aquatic insects of a glacier-fed and a spring-fed alpine stream. — *Freshwater Biology* **46**: 1673-1690.
- FÜREDER L., VACHA C., AMPROSI K., BÜHLER S., HANSEN C.M.E. & C. MORITZ (2002): Reference conditions of alpine streams: Physical habitat and ecology. — *Water, Air & Soil Pollution: Focus* **2**: 275-294.
- FÜREDER L., WALLINGER M. & R. BURGER (2005): Longitudinal and seasonal pattern of insect emergence in alpine streams. — *Aquatic Ecology* **39**: 67-78.
- ILG C. & E. CASTELLA (2006): Patterns of macroinvertebrate traits along three glacial stream continuums. — *Freshwater Biology* (im Druck).
- JACKSON J.K. & L. FÜREDER (2006): Long-term studies of freshwater macroinvertebrates: a review of the frequency, duration and ecological significance. — *Freshwater Biology* **51**: 591-603.
- MCGREGOR G., PETTS G.E., GURNELL A.M. & A.M. MILNER (1995): Sensitivity of alpine ecosystems to climate change and human impacts. — *Aquatic Conservation* **5**: 233-247.
- MILNER A.M. & G.E. PETTS (1994): Glacial rivers: physical habitat and ecology. — *Freshwater Biology* **32**: 295-307.
- MOOG O. (1995): *Fauna Aquatica Austriaca*. — Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- PETTS G.E. & M.A. BICKERTON (1994): Influence of water abstraction on the macroinvertebrate community gradient within a glacial stream system: La Borgne d'Arolla, Valais, Switzerland. — *Freshwater Biology* **32**: 375-386.
- ROSENBERG D.M. & V.H. RESH (1993): *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. — Chapman & Hall, London.
- SCHÜTZ C., WALLINGER M., BURGER R. & L. FÜREDER (2001): Effects of snow cover on the benthic fauna in high alpine streams. — *Freshwater Biology* **46**: 1691-1704.
- SHARP M., RICHARDS K.S. & M. TRANTER (1998): *Glacier Hydrology and Hydrochemistry*. — John Wiley and Sons, Chichester, UK.
- SMITH B.P.G., HANNAH D.M., GURNELL A.M. & G.E. PETTS (2001): A hydromorphological context for ecological research on alpine glacial rivers. — *Freshwater Biology* **46**: 1579-1596.
- SNOOK D.L. & A.M. MILNER (2002): Biological traits of macroinvertebrates and hydraulic conditions in a glacier-fed catchment (French Pyrénées). — *Archiv für Hydrobiologie* **153**: 245-271.
- SOUTHWOOD T.R.E. (1988): Tactics, strategies and templets. — *Oikos* **52**: 3-18.
- STATZNER B., DOLÉDEC S. & B. HUGUENY (2004): Biological trait composition of European stream invertebrate communities: assessing the effects of various filter types. — *Ecography* **27**: 470-488.
- STATZNER B., HILDREW A.G. & V.H. RESH (2001): Species traits and environmental constraints: entomological research and the history of ecological theory. — *Annual Review of Entomology* **46**: 191-316.
- STATZNER B., RESH V.H. & S. DOLÉDEC (1994): Ecology of the Upper Rhône River: a test of habitat templet theories. — *Freshwater Biology* **31**: 235-554.

- STAUDACHER K. & L. FÜREDER (2006): Habitat complexity and invertebrates in selected Alpine springs (Schütt, Carinthia, Austria). — *Internationale Revue of Hydrobiology* (im Druck).
- STEFFAN A.W. (1971): Chironomid (Diptera) biocenoses in Scandinavian glacier brooks. — *The Canadian Entomologist* **103**: 477-486.
- THIENEMANN A. (1918): Lebensgemeinschaft und Lebensraum. — *Naturwiss. Wochenschr. N.F.* **17**: 281-290, 297-303.
- THIENEMANN A. (1920): Die Grundlagen der Biocoenotik und Monards faunistische Prinzipien. — *Festschrift Zschokke* **4**: 1-14.
- TOCKNER K., MALARD F., BURGHERR P., ROBINSON C.T., UEHLINGER U., ZAH R. & J.V. WARD (1997): Physico-chemical characterisation of channel types in a glacial floodplain ecosystem (Val Roseg, Switzerland). — *Archiv für Hydrobiologie* **140**: 433-463.
- USSEGLIO-POLATERA P., BOURNAUD M., RICHOUX P. & H. TACHET (2000): Biological and ecological traits of benthic freshwater macroinvertebrates: relationships and definition of groups with similar traits. — *Freshwater Biology* **43**: 175-205.
- VANNOTE R.L., MINSHALL G.W., CUMMINS K.W., SEDELL J.R. & C.E. CUSHING (1980): The river continuum concept. — *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* **37**: 130-177.
- WARD J.V. (1992): *Aquatic insect ecology. 1. Biology and habitat.* — John Wiley & Sons, New York: 1-438.
- WARD J.V. (1994): The Ecology of Alpine streams. — *Freshwater Ecology* **32**: 277-294.
- WARD J.V. & U. UEHLINGER (2003): *Ecology of a glacial floodplain.* — Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- WARD J.V. & J.A. STANFORD (1983): The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. — In: FONTAINE T.D. & S. M. BARTELL (Ed.), *Dynamics of lotic ecosystems.* Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor, MI.

Art-Eigenschaft	nicht vergletschert	gering vergletschert	stark vergletschert
kleine Gestalt	↘	↕	↗
hohe Mobilität der Imagines	↔	↔	↔
Habitatgeneralist	↗	↕	↕
Anhefter	↘	↗	↔
Rheobiont	↘	↘	↘
stromlinienförmig, flach	↘	↔	↗
2+ Stadien außerhalb	↘	↘	↘
kaltstenotherm	↔	↘	↘
oligotroph	↗	↗	↘
omnivor	↗	↕	↘

Abb. 1: Verteilung und Änderung der Art-Eigenschaften in den fünf Fließgewässern. Jede der definierten Eigenschaften ist für nicht vergletscherte, gering vergletscherte und stark vergletscherte Bereiche dargestellt. Die Pfeilstärke und deren Richtung weisen auf Ausmaß und Veränderung (keine, Zu- oder Abnahme) der relativen Anteile der Art-Eigenschaften in der Zönose hin.

Anschrift des Verfassers: Univ.-Prof. Mag. Dr. Leopold FÜREDER
Abteilung Limnologie am
Institut für Ökologie der Universität Innsbruck
Technikerstr. 25,
A-6020 Innsbruck, Austria
E-Mail: leopold.fuereder@uibk.ac.at

Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Leopold FÜREDER, Jahrgang 1958, Studium der Zoologie mit Schwerpunkt Limnologie, Taxonomie und Tropenökologie in Innsbruck und Philadelphia, Leiter der Arbeitsgruppe Fließgewässerökologie und Süßwasserfauna des Institutes für Ökologie an der Universität Innsbruck. Seine Forschungen führen ihn an viele Orte der Alpen, aber auch nach Spitzbergen, Sri Lanka und Kenia. Seit 1998 ist er außerdem Mitglied des Naturschutzbeirates der Tiroler Landesregierung, seit 2006 auch Mitglied des wissenschaftlichen Beirates des Nationalparks Hohe Tauern.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Entomologica Austriaca](#)

Jahr/Year: 2007

Band/Volume: [0014](#)

Autor(en)/Author(s): Füreder Leopold

Artikel/Article: [Art-Eigenschaften in Insektenzönosen alpiner Fließgewässer als wirksames Instrument zur Interpretation anthropogener Eingriffe 5-16](#)