

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 99 (2007)
Heft: 1

Artikel: Uferbezogene Indikatoren : neue Ansätze zur
Fließgewässerbewertung
Autor: Kunz, Yvonne / Pohl, Janina / Langhans, Simone D.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940113>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 31.03.2025

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

Uferbezogene Indikatoren – Neue Ansätze zur Fließgewässerbewertung

■ Yvonne Kunz, Janina Pohl, Simone D. Langhans

1. Einleitung

Zur Beurteilung von Nutzungen und anderen anthropogenen Einflüssen auf Fließgewässer werden Indikatoren verwendet, mit deren Hilfe etwas über den ökologischen Zustand eines Fließgewässers und dessen ökologische Funktionsfähigkeit ausgesagt werden kann (Innis et al., 2000). Eingriffe in die Dynamik von Flussauen vermindern vielerorts die biologische Vielfalt (Kahlen, 2003). An verschiedenen Flüssen wird heute versucht, diese Entwicklung mittels Revitalisierungen teilweise rückgängig zu machen (Rohde et al., 2005). Dies beinhaltet meist eine ein- oder beidseitige Aufweitung mit dem Ziel, dem Fluss mehr Raum zu geben und ihm einen Teil seiner Dynamik wieder zu erlauben. Da auch Hochwasserereignisse für den natürlichen Zustand einer Flussaue nötig sind (z.B. Plachter, 1998), spielt das Abflussregime für die Integrität der Aue eine wichtige Rolle (Tockner et al., 2004). Durch Schwall-Sunk-Betrieb werden beispielsweise extreme Hoch- und Niedrigwasserereignisse gedämpft (Loizeau & Dominik, 2000). Zusätzlich gibt es zu Spitzenzeiten des Stromverbrauchs in Verlauf, Häufigkeit und Dauer unnatürliche Hochwässer. Notwendig sind somit Indikatoren, welche spezifisch auf Veränderungen der Flussmorphologie oder -hydrologie reagieren. Dies ermöglicht die Erfolgskontrolle von

Revitalisierungsprojekten und kann Defizite und den Handlungsbedarf an Fließgewässern aufzeigen (Woolsey et al., 2005). Bisher kommen unterschiedlichste Indikatoren zum Einsatz. Als Beispiele für angewandte Indikatoren seien Fische (Jungwirth et al., 2003), Wirbellose (Rosenberg & Resh, 1993), ökologische Prozesse (Innis et al., 2000) oder physikalische Parameter, wie Strukturreichtum (Buwal, 1998) genannt. Obwohl mittlerweile eine Vielzahl von Indikatoren entwickelt und erprobt wurden, gibt es wenig Daten über Indikatoren, welche zwischen morphologischen und hydrologischen Defiziten differenzieren (Paetzold, 2004). Im Rahmen dieser Studie wurden Uferlänge, Habitatdiversität aquatischer und terrestrischer Uferbereiche sowie Abundanzen und Diversitäten aquatischer und terrestrischer Invertebraten als Indikatoren für den morphologischen und hydrologischen Zustand von Fließgewässern erprobt.

2. Datenaufnahme und Analyse

Die Untersuchungsstellen befinden sich an neun Flüssen im Alpenraum (Tab. 1). Bei den hydrologischen Beeinträchtigungen handelt es sich um Schwall-Sunk durch Kraftwerksbetrieb. Mit morphologischen Beeinträchtigungen sind ein- oder beidseitige Uferbefestigungen gemeint (Bild 1).

Als Referenzflüsse mit natürlichem

Abflussregime und natürlicher Morphologie wurden der Tagliamento und die Sense ausgewählt. Der Tagliamento gilt als die letzte Wildflusslandschaft der Alpen (Tockner & Stanford, 2002). Er weist alle durch eine natürliche Dynamik induzierten Prozesse, wie einen ausgedehnten Korridor mit zahlreichen Inseln, Austausch von Fluss- und Grundwasser und eine Vernetzung mit dem Auwald auf. Flüsse mit verändertem Abflussregime waren Rhein, Vorderrhein, Moesa und Rhone. Thur, Töss und Emme wiesen ein natürliches Abflussregime auf (Tockner et al., 2001). Die Probenahme fand von April bis Juni 2006 statt. Untersuchungseinheiten stellten jeweils 100 m Flussabschnitte dar, wobei pro Untersuchungsstelle vier zufällig ausgewählte Untersuchungseinheiten (Replikate) beprobt wurden. Mit Hilfe einer Anova (Analysis of Variance) wurde der Einfluss von morphologischen und hydrologischen Veränderungen auf die Abundanz und Diversität aquatischer und terrestrischer Organismen, die Habitatanzahl und die Uferlänge getestet (Janssen & Laatz, 2003). Alle Daten wurden vor den Analysen transformiert, um die Voraussetzungen für eine Anova zu erfüllen. Die Analysen wurden mit dem Programm SPSS für Windows (Version 13.0, SPSS Inc., Illinois, USA) durchgeführt.

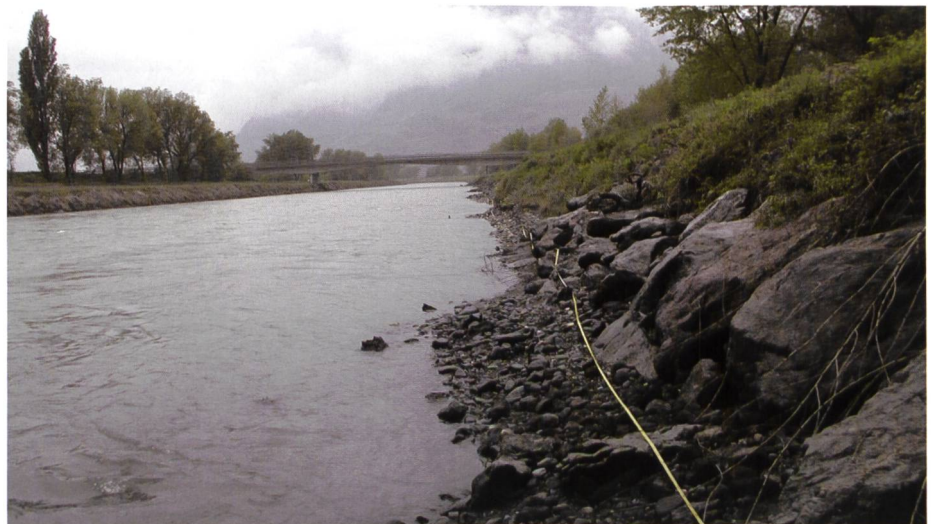
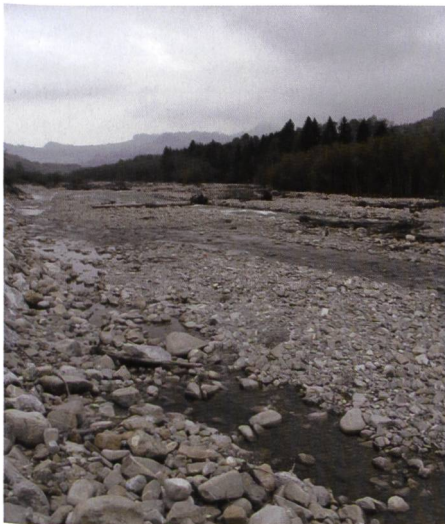


Bild 1. Natürliche Morphologie an der Sense bei Plaffeien (links) und mit Blockwurf befestigte Ufer an der Rhone bei Riddes (rechts).

3. Terrestrische und aquatische Habitatvielfalt

Flussauen zeichnen sich in ihrem natürlichen Zustand durch eine hohe räumliche und zeitliche Variabilität aus (Plachter, 1986). Die häufigen Störungen durch Überflutung und der daraus resultierenden Umlagerung setzen die biologische Sukzession immer wieder in ein früheres Stadium zurück und führen so zu einem hohen Habitatturnover und einer hohen Habitatvielfalt (Plachter, 1986). Grosser Strukturreichtum ist gleichzeitig eine der wesentlichen Voraussetzungen für eine hohe Artenvielfalt (Kahlen, 2003). Die Habitatvielfalt als wichtiges Charakteristikum einer intakten Aue wurde deshalb in unserer Studie als ein Indikator für die Flussintegrität ausgewählt.

Die Einteilung der Kiesbankhabitate erfolgte anhand der für die terrestrischen Arthropoden wichtigsten Umweltfaktoren: Korngrößen, Neigung, Bedeckungsgrad mit Vegetation oder totem organischem Material sowie innere Kolmation nach Schälchli (2002). Insgesamt wurden 19 Habitattypen unterschieden.

Flache, vegetationsarme Bereiche mit mittleren Korngrößen und höchstens schwacher Kolmation (Habitat C) waren mit Abstand das häufigste Habitat der untersuchten Flussufer (Bild 2). Blockwurf (Habitat T) kam mit knapp 60 m am wenigsten vor. Insgesamt waren die häufigsten Habitate gleichzeitig jene, welche die geringste Artenvielfalt aufwiesen

während umgekehrt die seltensten Habitate sehr artenreich waren. Die Ermittlung der aquatischen Habitate erfolgte anhand der Substratzusammensetzung und der Froude-Zahl (Tab. 2). Hierfür wurden an 20 Zufallspunkten pro 100 m Flussabschnitt die Substratzusammensetzung, die Fließgeschwindigkeit und die Wassertiefe aufgenommen. Für die benthischen Invertebraten stellt die Substratzusammensetzung den primären Einflussfaktor dar, während Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe als sekundäre Faktoren gelten (z.B. Beisel et al., 1998). Ein Habitat galt als vorhanden, wenn es an einem der Zufallspunkte anzutreffen war.

Die Anzahl aquatischer und terrestrischer Habitate wurde signifikant von der morphologischen Gewässersituation beeinflusst, wobei die meisten Habitate an Flüssen mit natürlicher Morphologie zu finden waren. Die hydrologische Situation des Gewässers wirkte sich nicht signifikant auf die Habitatvielfalt aus (Bild 3).

4. Uferlänge

Die Uferlänge widerspiegelt die morphologische Komplexität eines Flussabschnittes (Woolsey et al., 2005). Ein strukturreiches Ufer stellt aquatischen und terrestrischen Invertebraten Habitate und Nahrung zur Verfügung und spielt bei der Vernetzung des Flusses mit seiner Umwelt eine grosse Rolle (Plachter, 1986). Die Uferlänge wurde deshalb als Indikator gewählt und pro 100 m Fließstrecke mittels eines GPS

Geräts aufgenommen und in einem Geoinformationssystem (ArcView 9, Environmental Systems Research Institute Inc., Redlands, California, USA) ausgewertet.

Die Uferlänge war signifikant von der Morphologie des Gewässers abhängig, während die Hydrologie keinen signifikanten Einfluss zeigte (Bild 4).

5. Terrestrische und aquatische Invertebraten

Um Auswirkungen von hydrologischen und morphologischen Eingriffen auf die terrestrischen Bereiche eines Flusses beurteilen zu können, eignet sich die Untersuchung der Diversität und Abundanz der auf Kiesbänken häufig vorkommenden Arthropoden (z.B. Maiolini et al., 1998). Dies sind Laufkäfer, Kurzflügelkäfer, Spinnen und Ameisen. Mittels Handaufsammlung wurden diese beprobt. Dabei wurde pro 100 m-Flussabschnitt 24 Minuten gesammelt. Vom Ufer her wurden die ersten 3 m berücksichtigt. Laufkäfer, Kurzflügelkäfer und Spinnen wurden auf Artniveau bestimmt (Freude et al., 1964; Freude et al., 1974; Freude et al., 2004), die Ameisen nur quantitativ erfasst.

Die Gesamtabundanz der terrestrischen Invertebraten reagierte auf die Morphologie, nicht jedoch auf die Hydrologie signifikant. Unter natürlicher Hydrologie wurden an morphologisch beeinträchtigten Standorten mehr Individuen gefunden als an natürlichen oder revitalisierten Ufern. Bei Schwallbetrieb zeigten revitalisierte Stellen maximale Abundanz während natürliche Stellen am wenigsten Individuen hatten.

Die Abundanz und Diversität der Laufkäfer war an hydrologisch natürlichen Stellen signifikant höher als an Stellen mit Schwall-Sunk (Bild 5A). Die Laufkäfer reagierten auch auf die Morphologie signifikant, wobei jedoch an beeinträchtigten Stellen mehr Individuen gefunden wurden. Weder die Morphologie noch die Hydrologie wirkten sich signifikant auf Abundanz und Diversität der Kurzflügelkäfer aus (Bild 5A). Die Spinnenabundanz wurde signifikant durch die Substratfeuchte beeinflusst, wobei die Spinnenabundanzen an trockeneren Standorten signifikant höher waren als an feuchten. Auch die Hydrologie und die Morphologie beeinflussten die Abundanz der Spinnen in signifikanter, jedoch unerwarteter Weise: hydrologisch beeinträchtigte Stellen wiesen höhere Spinnenabundanzen auf als hydrologisch intakte Stellen und revitalisierte Stellen mehr Individuen als morphologisch intakte und begradigte Stellen (Bild 5A). Ameisen wurden

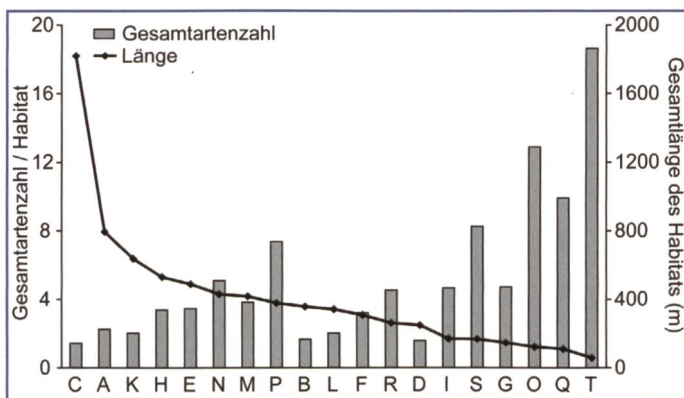


Bild 2. Gesamtartenzahl pro Habitat (Mittelwert) sowie die Gesamtlänge der Habitate (von insgesamt 7800 m beprobtem Ufer).

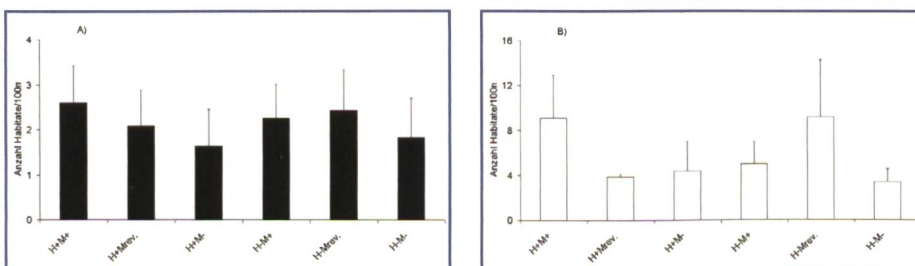


Bild 3. Habitatdiversität A) terrestrischer und B) aquatischer Habitate an den unterschiedlichen Beeinträchtigungskategorien. H+: natürliche Hydrologie, H-: Schwall-Sunk, M+: natürliche Morphologie, Mrev.: revitalisiert, M-: Uferbefestigung (Mittelwert \pm 1SD, n = 12).

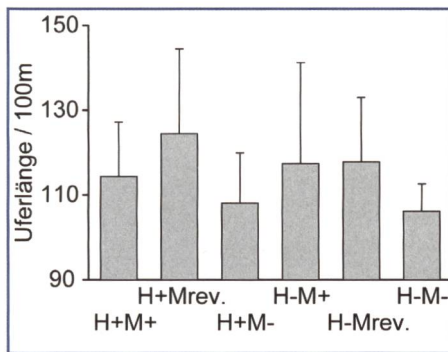


Bild 4: Uferlänge an den unterschiedlichen Beeinträchtigungskategorien (Mittelwert \pm 1SD, n = 12).

signifikant häufiger an beschatteten Stellen gefunden. Aquatische Invertebraten eignen sich als Indikatororganismen, da sie wenig mobil sind, alle aquatischen Lebensräume besiedeln, nicht durch Besatz beeinflusst werden und oftmals in hohen Arten- und Individuenzahlen vorkommen (Rosenberg & Resh, 1993). Die Beprobung der aquatischen Invertebraten erfolgte semiquantitativ mittels «Kick-Sampling» (Pardo & Armitage, 1997). Hierbei wurde das Netz mit der Öffnung flussaufwärts auf den Gewässergrund gestellt und das Sediment 15 Sekunden lang aufgewühlt. Eintags-, Stein- und Köcherfliegenlarven wurden auf Gattungsniveau bestimmt (Tachet et al., 2002). Weitere Taxa wurden zur Ermittlung der Gesamtabundanz quantitativ erfasst.

Die Gesamtabundanz der aquatischen Invertebraten wurde signifikant durch die Morphologie und die Hydrologie bestimmt. Eintags-, Stein- und Köcherfliegenlarven reagierten unterschiedlich auf hydrologische und morphologische Beeinträchtigungen: Die Abundanz und Diversität der Eintagsfliegenlarven war an hydrologisch natürlichen Stellen signifikant höher als an Stellen mit Schwall-Sunk (Bild 5B). Die Abundanz und Diversität der Steinfliegenlarven wurde signifikant durch die morphologische Situation des Gewässers beeinflusst, wobei an den Referenzflüssen und revitalisierten Abschnitten höhere Abundanzen und Diversitäten zu finden waren als an morphologisch beeinträchtigten Abschnitten (Bild 5B). Köcherfliegenlarven reagierten ebenfalls signifikant auf die hydrologische und morphologische Gewässersituation, jedoch in unerwarteter Weise: die höchsten Abundanzen wurden an den hydrologisch und morphologisch beeinträchtigten Stellen gezählt, wobei die Diversität an diesen Stellen am geringsten war (Bild 5B). Aus diesem Grund sind Köcherfliegen als Indikatoren für die Morphologie und Hydrologie eines Fließgewässers nicht geeignet.

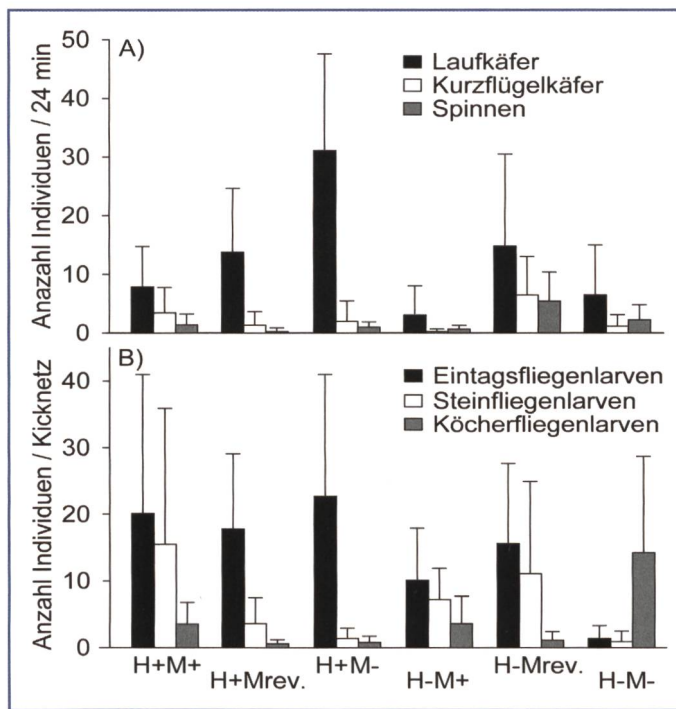


Bild 5. Abundanz (Mittelwert \pm 1SD, n = 12) ausgewählter A) terrestrischer und B) aquatischer Invertebraten an den unterschiedlichen Beeinträchtigungskategorien.

6. Schlussfolgerung

Die erprobten Indikatoren bieten die Möglichkeit, zwischen hydrologischen und morphologischen Defiziten zu unterscheiden und ein differenziertes Abbild der Gewässersituation zu gewinnen (Tab. 3). Aufgrund der Tatsache, dass in der Schweiz 30% der hydrologisch überwachten Gewässerstrecken schwallbeeinflusst sind (Limnex, 2001), und die Wasserkraft als regenerative Energiequelle eine bedeutende Rolle spielt, scheint die Wiederherstellung der natürlichen Abflussverhältnisse an schwallbeeinflussten Flüssen nicht realisierbar zu sein. Ziel sollte es daher sein, die letzten naturnahen, unverbauten Flussabschnitte zu schützen. Revitalisierungen stellen zwar keinen Ersatz natürlicher Flussabschnitte dar, sie leisten aber einen wertvollen Beitrag zum Erhalt aue- und fließgewässertypischer Arten und Lebensräume. Revitalisierungen können die negativen Auswirkungen von Schwallbetrieb zum Teil kompensieren, da sie die Habitatheterogenität und damit die Anzahl der Refugien erhöhen. Sie sollten sich demnach nicht nur auf Gewässer mit natürlicher Hydrologie beschränken, auch wenn dort ein grösseres Regenerationspotenzial besteht. Wünschenswert sind zusätzliche schwalldämpfende Massnahmen wie Mindestwasserführungen in den Sunkzeiten und maximale Geschwindigkeiten bei Schwallanstieg und -rückgang (Limnex, 2001).

Dank

Für vielfältige Unterstützung bedanken wir uns herzlich bei *Klement Tockner* und der Abteilung

Aquatische Ökologie an der Eawag. Wir bedanken uns bei *Armin Peter* und *Achim Paetzold* für die Bereitstellung von Daten und bei *Werner A. Marggi*, *Irene Schatz*, *Anna Stäubli* und *Ambros Hänggi* für die Hilfe bei der Bestimmung der terrestrischen Invertebraten.

Literatur

- Beisel, J.-N., Usseglio-Polatera, P., Thomas, S. & Moreteau, J.-C.* (1998): Stream community structure in relation to spatial variation: the influence of mesohabitat characteristics. *Hydrobiologia*, 389: 73–88.
- BUWAL (1998): Ökomorphologie Stufe F. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 27. Bern. 49 S.
- Freude, H.; Harde, K.W.; Lohse, G.A.* (1964): Die Käfer Mitteleuropas. Band 4: Staphylinidae I Micropeplinae bis Tachyporinae. Krefeld: Goecke & Evers. 264 S.
- Freude, H.; Harde, K.W.; Lohse, G.A.* (1974): Die Käfer Mitteleuropas. Band 5: Staphylinidae II Hypocyphinae und Aleocharinae Pselaphidae. Krefeld: Goecke & Evers. 381 S.
- Freude, H.; Lohse, G.A.; Klausnitzer, B.; Müller-Motzfeld, G.* (2004): Die Käfer Mitteleuropas. 2. (erw.) Aufl., Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. 521 S.
- Innis, S.A., Naiman, R.J. & Elliott, S.R.* (2000): Indicators and assessment methods for measuring the ecological integrity of semi-aquatic terrestrial environments. *Hydrobiologia*, 422/423: 111–131.
- Janssen, J. & Laatz, W.* (2003): Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Springer: Berlin Heidelberg New York.
- Jungwirth, M. Haidvogel, G., Moog, O., Muhar, S. & Schmutz, S.* (2003): Angewandte Fischökologie an Fließgewässern. Facultas UTB: Wien.

	Natürliche Hydrologie	Beeinträchtigte Hydrologie
Natürliche Morphologie	Tagliamento (Pinzano) Tagliamento (Straccis) Sense (Plaffeien)	Vorderrhein (Ilanz) Rhein (Landquart) Rhone (Pfywald)
Revitalisiert	Thur (Schaffäuli) Thur (Üesslingen) Emme (Aefligen)	Moesa (Lostallo) Moesa (Grono) Rhein (Felsberg)
Beeinträchtigte Morphologie	Töss (Freienstein) Thur (Gütighausen) Thur (Kleinandelfingen)	Rhein (Bad Ragaz) Rhone (Chippis) Rhone (Riddes)

Tab. 1. Probenahmestellen an den hydrologisch und morphologisch unterschiedlich beeinträchtigten Flüssen bzw. Flussabschnitten.

Morphologie	Hydrologie
<ul style="list-style-type: none"> • Uferlänge • Substratheterogenität der terrestrischen Uferbereiche • aquatische und terrestrische Habitanzahl • Gesamtabundanz aquatischer Invertebraten • Abundanz und Diversität der Steinfliegenlarven 	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtabundanz aquatischer Invertebraten • Abundanz und Diversität der Eintagsfliegenlarven • Abundanz und Diversität der Laufkäfer

Tab. 3. Geeignete Indikatoren zur Beurteilung der morphologischen und hydrologischen Situation eines Fließgewässers.

Froude-Zahl $Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$	Pool Fr < 0.18	Run 0.18 < Fr < 0.41	Riffle Fr > 0.41
Substrattyp	abiotisch	grob mittel fein heterogen	grob mittel fein heterogen
	biotisch	Totholz Algen Terrestrische Pflanzen Organisches Material Wasserpflanzen Faulschlamm	Totholz Algen Terrestrische Pflanzen Organisches Material

Tab. 2. Aquatische Habitattypen mittels Froude-Zahl in Kombination mit den Substrattypen, v = Fließgeschwindigkeit, g = 9.81 m²/s, h = Wassertiefe.

Kahlen, M. (2003): Die Käfer der Ufer und Auen des Tagliamento. *Gortania* 24: 147–202.

Limnex (2001): Schwall/Sunk-Betrieb in schweizerischen Fließgewässern. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): Bern.

Loizeau, J.-L. & Dominik, J. (2000): Evolution of the Upper Rhone River discharge and suspended sediment load during the last 80 years and some implications for Lake Geneva. *Aquatic Sciences*, 62: 54–67.

Maiolini, B.; Franceschini, A.; Boscaini, A. (1998): The role of invertebrate communities as indicators of environmental characteristics of European river margins. In: *Wade, M.; Joyce, C.* (Hrsg.) *European wet grasslands: biodiversity, management, and restoration*. 151–162. Chichester.

Paetzold, A. (2004): Life at the edge – aquatic-terrestrial interactions along rivers. Diss. an der Eidgenössisch Technischen Hochschule Zürich No. 15825, 159 S.

Pardo, I. & Armitage, P.D. (1997): Species assemblages as descriptors of mesohabitats. *Hydrobiologia*, 334: 111–128.

Plachter, H. (1986): Die Fauna der Kies- und Schotterbänke dealpiner Flüsse und Empfehlungen für ihren Schutz. *Berichte der Baye-*

rischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege 10: 119–147.

Plachter, H. (1998): Die Auen alpiner Wildflüsse als Modelle störungsgeprägter ökologischer Systeme. *Schr.-R. f. Landschaftspfl. u. Natursch.* 56: 21–66.

Rohde, S.; Schütz, M.; Kienast, F.; Englmaier, P. (2005): River widening: An approach to restoring riparian habitats and plant species. *River Res. Applic.* 21: 1075–1094.

Rosenberg, D.M. & Resh, H.V.H. (1993): Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: *Freshwater Biomonitoring and benthic macroinvertebrates* (Hrsg. D.M. Rosenberg & V.H. Resh). Chapman & Hall: New York London

Schälchli, U. (2002): Kolmation – Methoden zur Erkennung und Bewertung. Bericht im Auftrag von Fischnetz c/o EAWAG, Dübendorf. 22 S.

Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M. & Usseglio-Polatera, P. (2002): *Invértébrés d'eau douce – systématique, biologie, écologie*. CNRS Editions: Paris.

Tockner, K., Pätzold, A., Karaus, U., Claret, C. & Zettel, J. (2004): *Ecology of braided rivers*. IAS Special Publication.

Tockner, K., Ward, J.V., Edwards, P.J., Koll-

mann, J., Gurnell, A.M. & Petts, G.E. (2001): Der Tagliamento (Norditalien): Ein Wildfluss als Modellökosystem für den Alpenraum. In: *Laufener Seminarbeiträge* (Hrsg. Bay. Akademie f. Naturschutz u. Landschaftspflege), Laufen/Salzach.

Tockner, K.; Stanford, J.A. (2002): Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation* 29 (3): 308–330.

Ward, J.V.; Tockner, K.; Edwards, P.J.; Kollmann, J.; Bretschko, G.; Gurnell, A.M.; Petts, G.E.; Rossaro, B. (1999a): A reference river system for the alps: The «Fiume Tagliamento». *Regul. Rivers: Res. Mgmt.* 15: 63–75.

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

Anschriften der Verfasser

Yvonne Kunz, Eichbühlstr. 5
CH-8004 Zürich
yvonne.kunz@gmx.net

Janina Pohl, Weinweg 27
D-76131 Karlsruhe
janina0612@gmx.de

Simone D. Langhans
simone.langhans@eawag.ch