Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 97 (2005)

Heft: 7-8

Artikel: Flussbauliche Hochwasserschutzmassnahmen und Verbesserung der Gewässerökologie : Vorschlag eines hydraulisch-morphologischen Vielfältigkeitsindexes

Autor: Schleiss, Anton

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941755

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: 07.01.2026

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

Flussbauliche Hochwasserschutzmassnahmen und Verbesserung der Gewässerökologie – Vorschlag eines hydraulisch-morphologischen Vielfältigkeitsindexes

■ *Anton Schleiss*

Kurzfassung

Jede flussbauliche Massnahme sollte grundsätzlich so ausgebildet werden, dass die Gewässerökologie im Rahmen der Möglichkeiten verbessert wird. Mit einer entsprechenden Gestaltung ist insbesondere ein möglichst grosser Strukturreichtum anzustreben, da dieser sich unbestritten positiv auf die Artenvielfalt in und an einem Gewässer auswirkt. Im vorliegenden Artikel wird ein hydraulisch-morphologischer Vielfältigkeitsindex vorgeschlagen, welcher es erlauben soll, flussbauliche Massnahmen quantitativ bezüglich Strukturreichtums beurteilen zu können. Somit lassen sich verschiedene Projekt- und Revitalisierungsvarianten in einem bestimmten Gewässerabschnitt im Hinblick auf die Gewässerökologie miteinander vergleichen. Dieser Vielfältigkeitsindex könnte in einem zweiten Schritt mit der Diversität bzw. mit der Anzahl der Arten einer für einen Gewässertyp charakteristischen Lebensgemeinschaft in Beziehung gebracht werden. Dadurch liesse sich auch feststellen, wie eine ökologisch gestaltete flussbauliche Massnahme sich auf die Artenvielfalt auswirkt und welches Minimalziel erreicht werden soll.

Résumé

Les mesures réalisées dans le cadre des aménagements de cours d'eau devraient être conçues dans l'objectif d'améliorer au mieux l'état écologique. Une conception adéquate, orientée prioritairement sur la diversité morphologique et hydraulique, permettra d'influencer positivement la biodiversité à l'intérieur et à proximité du cours d'eau. Dans le présent article, un indice de diversité hydraulique et morphologique est proposé, qui devrait permettre l'évaluation quantitative des mesures de protection ou de revitalisation envisagées sur un tronçon de cours d'eau et de les comparer en regard de la valeur écologique du cours d'eau. Dans une deuxième étappe, cet indice de diversité hydraulique et morphologique pourrait être comparé à la richesse, respectivement au nombre des espèces caractéristiques d'un cours d'eau type. Cela permettrait également d'évaluer la manière dont une mesure de conception écologique influence la diversité des espèces et de fixer l'objectif minimal qui devrait être atteint.

1. Einleitung

Nachdem vor rund 20 Jahren die Ära eines ökologischen, umweltgerechten Hochwasserschutzes in der Schweiz eingeleitet wurde, ist es heute das Bestreben aller Akteure, flussbauliche Projekte auf eine ganzheitliche und nachhaltige Basis zu stellen. Dies bedeutet, dass flussbauliche Massnahmen nicht nur im Dienste des Hochwasserschutzes, sondern auch zum Nutzen der Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft zu entwerfen und zu realisieren sind. Um bei der Planung tragfähige Projekte zu erreichen und die Akzeptanz der Hochwasserschutzmassnahmen zu verbessern, müssen neben der Mitwirkung der Betroffenen auch sämtliche Synergien ausgenutzt werden.

In der Vergangenheit war die flussbauliche Forschung in erster Linie auf die Funktionalität der Massnahmen im Hinblick auf den Widerstand gegenüber den Strömungskräften sowie auf den Geschiebetransport ausgerichtet. Im Gegensatz zu diesem traditionellen Ansatz sollte heute immer die Frage gestellt werden, wie mit entsprechend gestalteten flussbaulichen Massnahmen auch die Gewässerökologie verbessert werden kann. Leider fehlen für den Wasserbauer nach wie vor messbare Kriterien, mit welchen im Hinblick auf Gewässerökologie gestaltete flussbauliche Massnahmen beurteilt werden können. Im Sinne einer Diskussionsanregung für künftige interdisziplinäre Forschungsvorhaben wird im vorliegenden Beitrag ein hydraulisch-morphologischer Vielfältigkeitsindex vorgeschlagen, mit welchem verschiedene flussbauliche Projektvarianten miteinander verglichen werden könnten.

2. Lebensräume im Fliessgewässer und Gewässerökologie

Naturferne Gewässer sind durch monotone, nahezu konstante hydraulische und morphologische Eigenschaften gekennzeichnet, welche hingegen bei natürlichen Gewässern stark variabel sind. Es ist bekannt, dass die hydraulischen und morphologischen Parameter eines Gewässers die Qualität seiner Lebensräume stark beeinflussen. Betrachtet man einen bestimmten Gewässerquerschnitt, so kann zwischen Ufer- und Auenbereich, dem Freiwasserraum der frei fliessenden Welle sowie dem Wasserraum in Sohlennähe unterschieden werden. Letzterer ist durch die Rauheit des Sohlensubstrates beeinflusst und durch stark veränderliche Fliessgeschwindigkeiten gekennzeichnet [1]. Als wohl wertvollster Lebensraum in einem Gewässer ist die Gewässersohle mit ihrem Interstitial zu bezeichnen, wie turbulentes Totwasser im Schatten von grossen Substratkörpern sowie wassergefüllte und schwach durchströmte Kieslücken (Bild 1).

Ausser diesen Lebensräumen im Gewässerquerschnitt sind auch räumliche Strukturen wie Altarme, Rückstrombereiche (Totwasser), Beschleunigungs- und Beckenbereiche usw. zu erwähnen.

Die Strömungsbedingungen in der Nähe der Sohle sind charakterisiert durch Sohlschubspannungen, Liftkräfte und Turbulenzen. Diese sind von zentraler Bedeutung für die abiotischen und biotischen Vorgänge. Die Sohlschubspannungen sind abhängig von Abflusstiefe, Gefälle, Substratrauheit sowie dem Gradienten der Fliessgeschwindigkeit in Sohlennähe. Sie sind massgebend für die Bildung des Gewässerbettes mit Choriotopen (= als Lebensraum genutztes Substrat), indem organisches Material erodiert und Platz für neue Besiedlungen geschaffen wird.

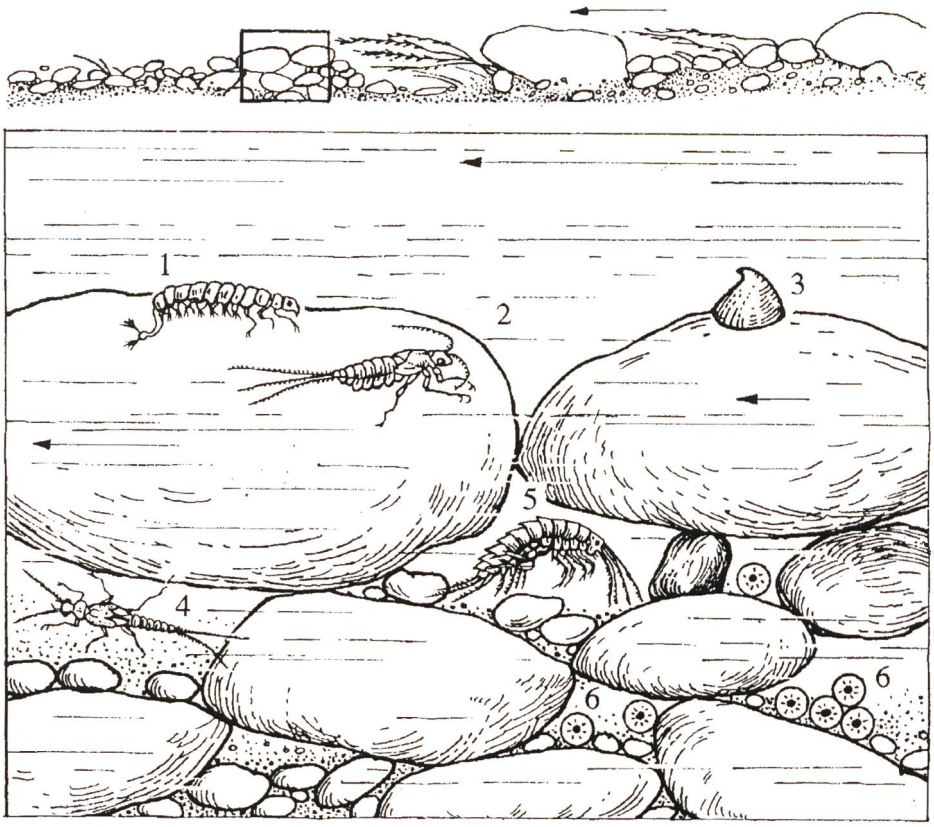

Bild 1. Schematisierter «Lebensraum Bachsohle» nach Patt [2]: In den Lücken des grobkörnigen Substrates (Interstitial) befindet sich ein reichhaltiges Leben wie z.B. Köcherfliegenlarven (1), Eintagsfliegenlarven (2), Flussnapfschnecke (3), Steinfliegenlarve (4), Bachflohkrebs (5), Forelleneier (6).

3. Wie wird heute Gewässerökologie und Ökomorphologie beurteilt?

Die Bedeutung der sohlennahen Strömungsbedingungen konnte insbesondere durch die Forschung hinsichtlich der Festlegung von Restwasser verdeutlicht werden. Für die Messung der sohlennahen Strömungsbedingungen hat sich die in Deutschland entwickelte FST- Halbkugelmethode bewährt [1, 3]. Dabei werden Halbkugeln mit einer normierten Dichte auf eine Platte auf die Bachsohle gelegt. Sobald die Halbkugel bewegt wird, herrscht entsprechend deren Dichte ein bestimmtes Muster von sohlennahen Strömungsbedingungen resp. eine bestimmte Sohlenschubspannung vor. Es konnten standardisierte Präferenzfunktionen für bestimmte Arten gefunden werden, welche die vorgefundene relative Abundanz (= Besiedlungsdichte) in Abhängigkeit von sohlennahen Strömungskräften darstellen (Bild 2). Die hydraulischen Ansprüche einer jeden Art können dabei mit den simulierten hydraulischen Mustern an der Gewässersohle in Funktion des Mindestabflusses beziehungsweise der sohlennahen Strömungsbedingungen in Verbindung gebracht werden.

In verschiedenen Studien zur Festlegung von Pflichtwasserabgaben wurden detaillierte hydraulische und morphologische Untersuchungen durchgeführt, wobei insbesondere Fliessgeschwindigkeitsprofil, Abflusstiefe, Sohlrauheit, benetzte Querschnittsfläche, Wasserspiegelbreite, sohlennahe Strömungsbedingungen und Fliessgeschwindigkeiten in die Betrachtungen einbezogen wurden [6, 7, 8]. Dabei wurde die Zahl der gefundenen Arten der systematischen Einheiten (Taxa) in Abhängigkeit der obigen hydraulischen und morphologischen Parameter für verschiedene Gewässerabschnitte und Mindestabflüsse dargestellt. So konnte in Abhängigkeit des Mindestabflusses die Diversität der Lebensgemeinschaften ermittelt werden und somit Rückschlüsse auf die abiotischen Verhältnisse gezogen werden.

In der Schweiz wurden Methoden zur Untersuchung und Beurteilung von Fliessgewässern entwickelt, welche auf verschiedenen Modulen und Stufen aufgebaut sind. So werden im Modul Ökomorphologie der Stufe F (flächendeckend) die Merkmale Sohlenbreite, Wasserspiegelbreitenvariabilität, Verbauung der Sohle, Verbauung des Böschungsfusses sowie Breite und Beschaffenheit des Uferbereiches erfasst [9]. In der Stufe S (systembezogen) werden die zusätzlichen Merkmale wie Linienführung, Sohleneintiefung, mittlere Wassertiefe und deren Variabilität, die Korngrössen des Sohlenmaterials und die Lage der Gewässersohle usw. berücksichtigt. Neben der Morphologie ist auch die Wasserqualität für die Beurteilung der Fliessgewässer von Bedeutung.

Diese Methoden erlauben eine grobquantitative und qualitative Beurteilung der Ökomorphologie von bestehenden Gewässern. Sie dienen als Leitlinie für wasserbauliche Massnahmen. Für die Beurteilung von neuen Massnahmen wäre aber eine quantitative Bewertung wünschenswert, welche auf hydraulischen und morphologischen Parametern beruht. Die Anforderungen an Renaturierungsmassnahmen sind bekannt. Das Fliessgewässerkontinuum muss gewährleistet sein, und es werden eine Gefällevariabilität der Sohle und unregelmässige, asymmetrische sowie in Raum und Zeit veränderliche Gewässerquerschnitte infolge einer beweglichen Linienführung gewünscht. Mit Pflanzungen und Sicherungsmassnahmen soll ein Impuls für natürliche Sukzession gegeben werden. Uferbegleitende Gehölzsäume sind nicht nur für die Gewässerfunktion, sondern auch für die Erholungsnutzung von Bedeutung. Alle diese Anforderungen können durch ein einziges Wort zusammengefasst werden: Strukturreichtum.

4. Strukturreichtum als Indikator eines natürliche Gewässers und dessen Einfluss auf die Lebensräume

Für den Wasserbauer wäre es wie erwähnt sehr hilfreich, wenn der Strukturreichtum mit Hilfe eines einzigen hydraulischen und morphologischen Parameters quantifiziert werden könnte. Strukturreichtum beeinflusst unter anderem direkt die Strömungsvielfalt, welche im Wesentlichen das Resultat der räumlichen (und zeitlichen) Variabilität folgender Parameter ist:

- Abflusstiefe bzw. mittlere Abflusstiefe im Querschnitt
- Maximale Abflusstiefen
- Wasserspiegelbreite
- Mittlere Fliessgeschwindigkeit
- Sohlennahe Strömungsgeschwindigkeit (Schubspannungen)
- Benetzter Umfang
- Krümmung der Gerinneachse
- Neigung der Ufer

Es gibt bereits verschiedene Ansätze, welche den Zusammenhang zwischen einzelnen oder mehreren dieser Parameter und bestimmten Arten aufzeigen. So wurden beispielsweise in der Schweiz die Bachforellensömmerlinge in rund 80 Gewässern beprobt und mit der Variabilität der Wasserspiegelbreite oder maximalen Abflusstiefe in Zu-

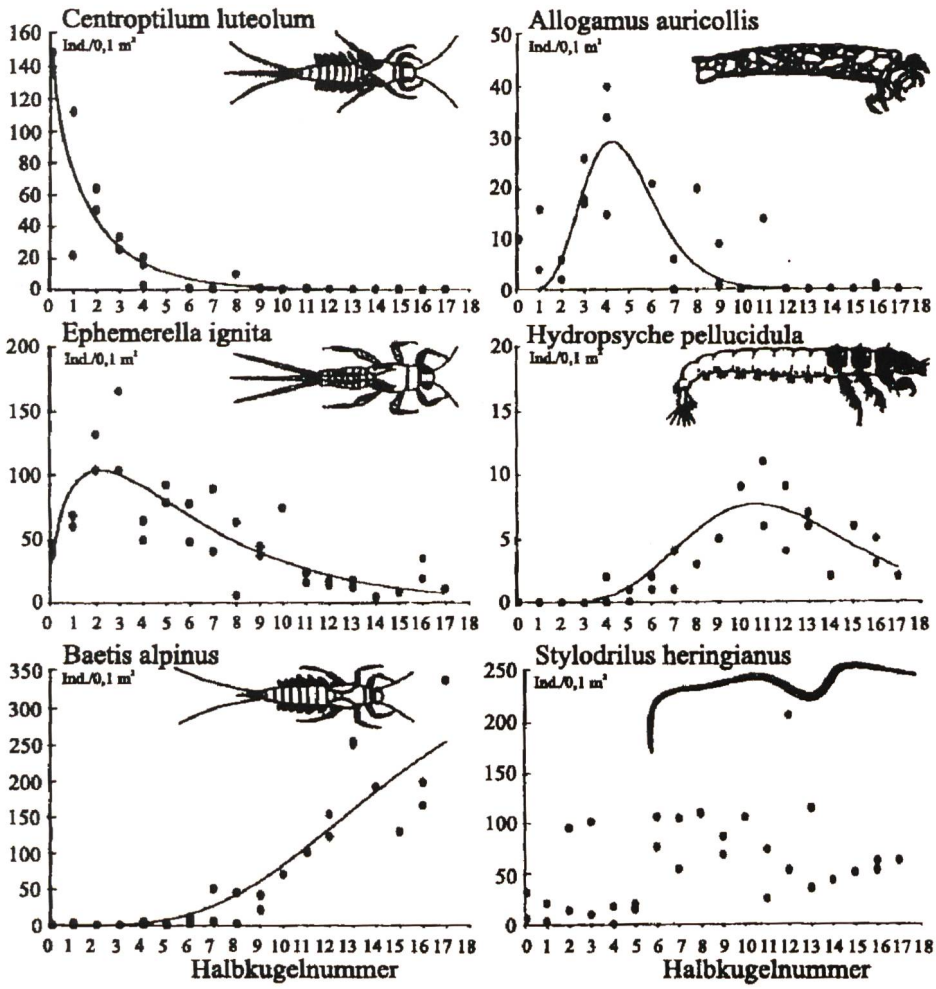

Bild 2. Beispiele unterschiedlicher Strömungspräferenzen von Makroinvertebraten gemäss Schmedtje [5]: Besiedlungsdichte in Abhängigkeit der Halbkugelnummer, welche die sohlennahen Strömungsbedingungen resp. die Abflussmenge repräsentiert.

sammenhang gebracht [10]. In Frankreich und Deutschland wurden in natürlichen Gewässerabschnitten die statistischen Verteilungen von maximalen Geschwindigkeiten und Sohlenschubspannungen untersucht [11, 12]. Dabei konnte aufgezeigt werden, dass sich diese Parameter in allen untersuchten Gewässern mit dem Abfluss nahezu gleich verändern. Ein Modell zur statistischen Vorhersage der Abflusstiefenverteilung in natürlichen Gewässern wurde ebenfalls entwickelt [13], mit dem Ziele, die In-situ-Messungen auf einige Stichproben zu beschränken (für zwei Abflüsse). Diese Untersuchungen deuten darauf hin, dass Geschwindigkeiten, Sohlenschubspannungen und Abflusstiefen in natürlichen Gewässern eine typische Verteilung aufweisen.

Zur Beurteilung von Fischgewässern werden seit längerem so genannte Habitatsqualitätsindexe (HQI) verwendet, welche aus einer Vielzahl von chemischen, biologischen sowie physikalischen Parametern errechnet werden können [14]. Die einzelnen Parameter, welche den Lebensraum der Fische beeinflussen, können beispielsweise in Zustandsklassen eingeteilt und mit einem Punktesystem bewertet werden [10, 15]. Der durchschnittliche Wert aller berücksichtigten Parameter ergibt schliesslich den Habitatsqualitätsindex. Dieser kann dann mit der Fischbiomasse in Verbindung gebracht werden. Verschiedene andere Modelle zur Bestimmung eines Habitatsqualitätsindexes existieren, welche lokal (für einen bestimmten Fluss) oder regional (mehrere Flüsse) sein können [16]. Bei diesen Modellen werden die verschiedenen Lebensraumeigenschaften (z.B. Fliessgeschwindigkeit, Abflusstiefe, Sohlengranulometrie) einzeln betracht und die zugehörigen Präferenzen für bestimmte Fische ermittelt.

5. Vorschlag eines hydraulischen und morphologischen Vielfältigkeitsindexes

Um den hydraulischen und morphologischen Strukturreichtum in einem Gewässer zu quantifizieren, wird im Folgenden ein globaler Vielfältigkeitsindex vorgeschlagen. Wichtig ist, dass der Vielfältigkeitsindex für einen bestimmten Gewässerabschnitt oder eine bestimmte Renaturierungsstrecke unter der Berücksichtigung der hydraulischen Zusammenhänge berechnet wird. Dabei wird vorerst die relative räumliche (und evtl. zeitliche) Varianz bzw. der Teilvielfältigkeitsindex V(i) der einzelnen hydraulischen und morphologischen Parameter aus der Varianz σ_i^2 und dem Mittelwert μ_i des Parameters i wie folgt ermittelt:

$$V(i) = \frac{\mu_i + \frac{\sigma_i^2}{\mu_i}}{\mu_i} = 1 + \frac{\sigma_i^2}{\mu_i^2}$$

Der Teilvielfältigkeitsindex eines einzelnen Parameters ist somit vom Varianzkoeffizienten im Quadrat abhängig. Als alternativer Ansatz könnte im Prinzip auch direkt der Varianzkoeffizient verwendet werden. Im Folgenden wird ein globaler Vielfältigkeitsindex vorgeschlagen, welcher die Mittelwerte der Abflussgeschwindigkeit, Schubspannungsgeschwindigkeit und Abflusstiefe sowie die Sohlenquerneigung und Uferneigung in einem bestimmten Gewässerabschnitt betrachtet.

5.1 Vielfältigkeitsindex $V(v_m)$ der mittleren Abflussgeschwindigkeit

Unter der Annahme eines Normalabflusses ergibt sich folgende Verknüpfung der hydraulischen Parameter:

$$v_m = k_{st} \cdot \frac{A^{2/3}}{U^{2/3}} \cdot J^{1/2}$$

mit $k_{st} = \frac{21{,}1}{\sqrt[6]{d_{90}}}$

wobei A dem Abflussquerschnitt, U dem benetzten Umfang, J dem Gefälle, k_{st} dem Stricklerbeiwert und d_{90} dem mittleren Korn der Sohlendeckschicht entspricht.

Der Vielfältigkeitsindex $V(v_m)$ der mittleren Abflussgeschwindigkeit im Querschnitt ergibt sich aus der relativen Varianz der einzelnen Parameter somit zu:

$$V(v_m) = \frac{V(A)^{2/3} \cdot V(J)^{1/2}}{V(d_{90})^{1/6} \cdot V(U)^{2/3}}$$

5.2 Vielfältigkeitsindex V(u*) der mittleren Schubspannungsgeschwindigkeit

Unter Verwendung des hydraulischen Zusammenhanges für die mittlere Sohlenschubspannungsgeschwindigkeit in einem Abflussquerschnitt (R_h: hydraulischer Radius)

$$u^* = \sqrt{g \cdot R_h \cdot J}$$

ergibt sich der Vielfältigkeitsindex V(u*) der mittleren Schubspannungsgeschwindigkeit zu

$$V(u^*) = \frac{V(A)^{1/2} \cdot V(J)^{1/2}}{V(U)^{1/2}}$$

Dieser Teilvielfältigkeitsindex ist sicherlich massgeblich an der Dynamik des Geschiebetransportes beteiligt.

5.3 Vielfältigkeitsindex $V(h_m)$ der mittleren Abflusstiefe

Die Abflusstiefenänderung über die Betrachtungsstrecke (Fliessrichtung x) ist eine Folge von Stau- und Senkungskurven im Fliessgewässer mit dh_m/dx. Daraus lässt sich der Vielfältigkeitsindex $V(h_m)$ der mittleren Abflusstiefe von Querprofil zu Querprofil direkt ermitteln.

5.4 Vielfältigkeitsindex V(K) der Sohlenquerneigung

Die Krümmung eines Gewässers in Fliessrichtung und die dadurch entstehende Querströmung im Querschnitt verursachen eine Sohlenquerneigung, indem in der Kurvenaussenseite ein Kolk und an der Kurveninnenseite eine Geschiebebank entsteht. Basierend auf den bekannten Kurvenkolktheorien hängt die Sohlenquerneigung vom Verhältnis des Kurvenradius zu Sohlenbreite R/B und der mittleren Abflusstiefe zur Sohlenbreite h_m/B ab: $K = f(R/B, h_m/B)$. Der Vielfältigkeitsindex V(K) der Sohlenquerneigung lautet somit:

$$V(\mathrm{K}) = V(R/B) \cdot V(h_m/B)$$

5.5 Vielfältigkeitsindex V(1/m) der Uferneigung

Naturnahe Gewässer sind auch durch stark variable Uferneigungen gekennzeichnet, was mit dem Vielfältigkeitsindex V(1/m) der Uferneigung berücksichtigt werden kann.

5.6 Globaler Vielfältigkeitsindex eines Gewässerabschnittes

Schlussendlich kann für einen bestimmten Gewässerabschnitt ein globaler Vielfältigkeitsindex definiert werden, welcher sich zum Beispiel aus dem Produkt der Teilfältigkeitsindexe (5,1 – 5,5) zusammensetzt:

$$V_{Abschnitt} = V(\mathrm{v}_m) \cdot V(u^*) \cdot V(h_m) \cdot V(K) \cdot V(1/m)$$

Das Produkt als globaler Zusammenhang der berücksichtigten hydraulischen und morphologischen Parameter wurde eher willkürlich gewählt. Immerhin kann davon ausgegangen werden, dass die Kombination der verschiedenen Parameter sich eher multiplikativ als nur summierend auswirkt. Die verschiedenen Teilvielfältigkeitsindexe könnten allenfalls gewichtet werden. Die vorgeschlagenen Parameter berücksichtigen die wesentlichen hydraulischen und morphologischen Kennwerte, welche den Strukturreichtum eines Gewässerabschnittes charakterisieren. Der Ansatz könnte aber durchaus noch mit weiteren Parametern ergänzt werden.

Falls der Varianzkoeffizient der verschiedenen hydraulischen und morphologischen Parameter in einem Gewässerabschnitt bekannt ist, kann also der globale Vielfältigkeitsindex bestimmt werden. Der Teilvielfältigkeitsindex V(i) der verschiedenen Parameter ist in einem korrigierten Trapezgerinne mit fester Sohle nahezu 1, hingegen in einem natürlichen Gewässer sehr gross (z.B. 2,5). Rein rechnerisch ergäben sich für den vorgeschlagenen globalen Vielfältigkeitsindex folgende Werte:

- Gerades Trapezgerinne mit fester Sohle (relative Varianz 1,0)
  $V_{Abschnitt} = 1$
- Korrigiertes Gerinne mit beweglicher Sohle (relative Varianz 1,2)
  $V_{Abschnitt} = 2{,}41$
- Naturnahes Gewässer (relative Varianz 1,5 resp. 2,0)
  $V_{Abschnitt} = 7{,}09$ resp. $28{,}51$
- Natürliches Gewässer (relative Varianz 2,5)
  $V_{Abschnitt} = 202{,}34$

Rein praktisch kann der vorgeschlagene Vielfältigkeitsindex bei bekannter Morphologie eines Gewässer- und Projektabschnittes (Situation und Querprofile, Korngrössenverteilungen des Sohlensubstrates) als Nebenprodukt der hydraulischen Berechnungen statisch ermittelt werden. Eher schwierig dürfte es hingegen immer noch sein, zeitliche morphologische Änderungen des Gewässers infolge räumlicher Strukturen vorauszusagen.

Mit dem so definierten Vielfältigkeitsindex können selbstverständlich nur Abschnitte eines gleichen Gewässertyps miteinander verglichen werden, das heisst, der Massstab ist vom Gewässertyp abhängig. Was zum Beispiel in einem mäandrierenden Flachlandfluss vielfältig ist (absoluter Wert des Indexes), wäre in einem Wildbach in der Skala eher arm. Zudem ist der Vielfältigkeitsindex von der Abflussmenge in einem Gewässer abhängig. In einem korrigierten Gewässer nimmt der Vielfältigkeitsindex mit steigendem Abfluss nur geringfügig, in einem natürlichen Gewässer hingegen eher stark zu (Bild 3). Im Weiteren ist einleuchtend, dass der Vielfältigkeitsindex bei hohen Abflussmengen, also bei Hochwasser, tendenzmässig wieder abnimmt (Bild 3).

Dieser Vielfältigkeitsindex könnte in einem weiteren Schritt mit der Diversität einer für den untersuchten Gewässertyp charakteristischen Lebensgemeinschaft, zum Beispiel mit dem Makrozoobenthos in Voralpengewässern, in Beziehung gebracht werden (vgl. Abschnitt 4). Die Zahl der gefundenen Arten bzw. die systematischen Einheiten (Taxa) dieser typischen Lebensgemeinschaften geben Hinweise auf die Biodiversität und könnten in Abhängigkeit des Vielfältigkeitsindexes dargestellt werden (Bild 4). Es ist auch einsehbar, dass ab einem bestimmten Wert

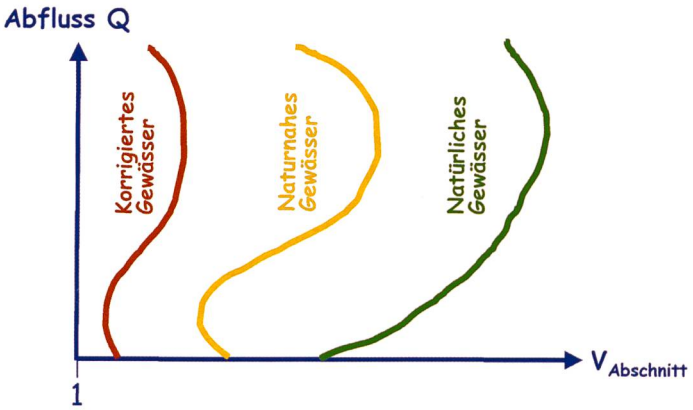

Bild 3. Schematische Darstellung des Vielfältigkeitsindexes für einen bestimmten Gewässerabschnitt in Abhängigkeit der Abflussmenge. Einfluss des hydraulisch-morphologischen Zustandes.

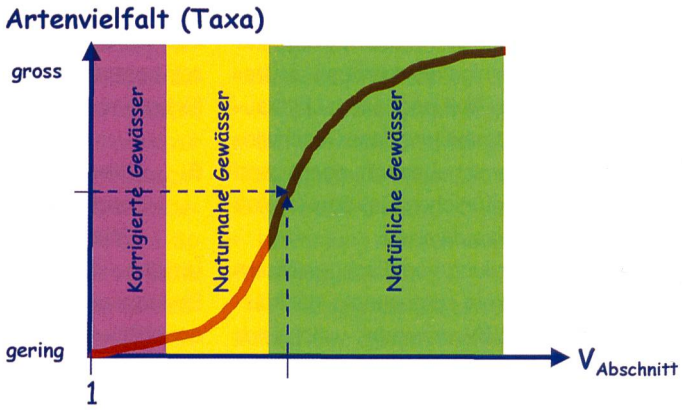

Bild 4. Schematische Darstellung der erwarteten Artenvielfalt einer für einen bestimmten Gewässertyp charakteristischen Lebensgemeinschaft in Abhängigkeit des hydraulisch-morphologischen Vielfältigkeitsindexes.

des Vielfältigkeitsindexes die Artenvielfalt nur noch geringfügig zunimmt und gegen einen Grenzwert streben muss.

Mit diesen Beziehungen könnten für bestimmte Gewässertypen, allerdings nur bei entsprechender Wasserqualität und gleichzeitig relativ natürlichem Abflussregime, allgemein gültige Präferenzkurven ermittelt werden. Diese könnten dem Wasserbauer quantitative Hinweise für einen im Rahmen einer konstruktiven Hochwasserschutzmassnahme minimal anzustrebenden Vielfältigkeitsindex geben. Insbesondere könnten verschiedene Projektvarianten auch bezüglich hydraulischen und morphologischen Strukturreichtums und demzufolge bezüglich ihrer Wirkung auf die Artenvielfalt miteinander verglichen werden. Da der Vielfältigkeitsindex wie bereits erwähnt von der Abflussmenge im Gewässer abhängig ist, wären dementsprechend auch die Präferenzkurven für eine bestimmte Abflussmenge bzw. einen festgelegten saisonalen Zeitpunkt zu bestimmen. Ausserdem wäre es nur sinnvoll, Massnahmen in einem Gewässer mit einem natürlichen oder nur schwach beeinflussten Abflussregime miteinander zu vergleichen. Ein höherer Strukturreichtum in einem stark durch Schwall- und Sunkerscheinungen beeinflussten Gewässer würde die Diversität von den meisten Lebensgemeinschaften kaum verbessern.

6. Schlussfolgerungen

Flussbauliche Massnahmen müssen grundsätzlich so gestaltet werden, dass eine möglichst grosse Strömungsvielfalt entsteht. Der Wasserbauer sollte sich nicht davor scheuen, die Strömung mit den Schutzmassnahmen zu stören, obwohl dadurch seine hydraulischen Berechnungen gestört beziehungsweise komplizierter werden. Selbst ein unvermeidbarer Blockwurf in einem nahezu geraden Gewässerabschnitt sollte geschlängelt ausgebildet werden, da dadurch die Strömungsvielfalt erheblich erhöht wird.

Ziel des vorgeschlagenen Vielfältigkeitsindexes ist es, die wesentlichen hydraulischen und morphologischen Parameter für einen bestimmten Gewässertyp in einem einzigen Index, und zwar über hydraulisch-morphologische Zusammenhänge, miteinander zu verbinden. Die vorgeschlagene Auswahl und Verknüpfung der Parameter entspricht einem ersten, denkbaren möglichen Ansatz. Welche Parameter wesentlich sind und wie diese sinnvoll verknüpft werden könnten, wäre im Detail im Rahmen eines Forschungsprojektes abzuklären. Mit einem solchen hydraulischen und morphologischen Vielfältigkeitsindex könnten naturnah gestaltete flussbauliche Massnahmen beziehungsweise Projektvarianten abschnittsweise miteinander verglichen werden. Je höher dieser Vielfältigkeitsindex ist, desto mehr Lebensräume werden geschaffen. Für den Wasserbauer wäre es hilfreich, über einen solchen Index zu verfügen, welcher ihm die Vielfältigkeit seiner Massnahme quantifiziert. Dies wäre sicher ein Ansporn auf der Suche nach möglichst innovativen Lösungen.

Wie dieser Vielfältigkeitsindex mit der Biodiversität zu verbinden ist, müsste ebenfalls noch im Detail abgeklärt werden. Die Verwendung der Artenvielfalt von charakteristischen Lebensgemeinschaften, welche in oder an einem bestimmten Gewässertyp vorkommen, könnte eine Möglichkeit sein, so wie es bei Untersuchungen zu Mindestabflussmengen verschiedentlich gemacht wurde (Fauna und/oder Flora). Die funktionelle Diversität in Bezug auf Nahrungsquellen sowie auf Lebensraum und Fortbewegung der Arten müsste berücksichtigt werden.

Ergänzte Fassung eines Vortrages mit dem Titel «Flussbauliche Hochwasserschutzmassnahmen und Verbesserung der Gewässerökologie – ein Widerspruch?», der am Symposium Hochwasserschutz und Revitalisierung: Synergien für Mensch und Umwelt am 13. November 2004 an der ETH Zürich gehalten wurde.

Verdankung

Armin Peter und Steffen Schweizer von der EAWAG haben wertvolle Anregungen und Literaturhinweise bei der Abfassung dieses Artikels gegeben.

Literatur

[1] *Giesecke J., Mosonyi E.* (1998): Wasserkraftanlagen. Planung, Bau und Betrieb. Springer – Verlag Berlin Heidelberg New York. 2. Aufl., ISBN 3-540-64907-7 (Kapitel 20: Mindestwasser und Gewässerstruktur).

[2] *Patt H., Jürging P., Kraus W.* (2004): Naturnaher Wasserbau. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2. Aufl., ISBN 3-540-20095-9 (Kapitel 4: Lebensraum Fliessgewässer).

[3] *Statzner B., Müller R.* (1989): Standard hemispheres as indication of flow characteristics in lotic benthos research. Freshwater Biol. 21, 445–459.

[4] *Statzner B., Kohmann F., Schmedtje U.* (1990): Eine Methode zur ökologischen Bewertung von Restabflüssen in Ausleitungsstrecken. Wasserwirtschaft 80, 248–254.

[5] *Schmedtje U.* (1996): Ökologisch begründete Festlegung von Mindestabflüssen: Die zentrale Bedeutung der sohlennahen Strömungsverhältnisse. Wasserwirtschaft 86, 326–330.

[6] *Heilmair T., Maile W.* (1994): Neue Ansätze zur Festlegung der Mindestwasserführung in Ausleitungsstrecken. Aufgaben und Chancen der Wasserkraft, VDI-Berichte Nr. 1127, Düsseldorf, S. 89–107.

[7] *Träbing K., Kilian T.* (1993): Lösungsansätze für das Mindestabflussproblem. Wasserbau – Mitteilungen der Techn. Hochschule Darmstadt, Nr. 38, S. 51–65.

[8] *Maile W., Heilmair T., Strobl Th.* (1994): Untersuchung zur Festlegung der Pflichtwasserabgabe am Beispiel der Weissen Traun in Oberbayern. Kleinwasserkraftwerke – Möglichkeiten und Grenzen der Umweltverträglichkeit. Tagung des Österreichischen Vereins zur Förderung von Kleinwasserkraftwerken, 15./16. 4. 1994, Sand in Taufers (Italien).

[9] Buwal (1998): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend), Mitt. zum Gewässerschutz, Nr. 27.

[10] *Schager E. & Peter A.* (2002): Bachforellensömmerlinge – Phase II – Teilprojekt-Nr. 01/12. Fischnetzpublikationen.

[11] *Lamouroux N., Statzner B., Fuchs U., Kohmann F. and Schmedtje U.* (1992): An unconventional approach to modelling spatial and temporal variability of local shear stress in stream segments. Water Resour. Res. 28 (12), 3251–3258.

[12] *Lamouroux N.* (1995): Predicting velocity frequency distributions in stream reaches. Water Resources Research 31(9): 2367–2375.

[13] *Lamouroux N.* (1998): Depth probability distributions in stream reaches. Journal of hydraulic engineering. Volume February 1998: 224–227.

[14] *Binns, A. N. & Eiserman, F. M.* (1979): Quantification of fluvial trout habitat in Wyoming. Transactions of the American Fisheries Society. 108: 215–228.

[15] *Peter A. & Weber Ch.* (2004): Die Rhone als Lebensraum für Fische. Wasser Energie Luft 96. Jahrg., Heft 11/12, p. 326–330.

[16] *Hedger R. D., Dodson J. J., Bergeron N. E., Caron F.* (2004): Quantifying the effectiveness of regional habitat quality index models for predecting densities of juvenile Atlantic salmon (Salmo salar L.). Ecology of Freshwater Fish 13: 266–275.

Anschrift des Verfassers

Anton Schleiss, Prof. Dr. dipl. Bauing. ETHZ , Laboratoire de constructions hydrauliques (LCH), EPFL-ENAC-ICARE, GC A3 514 (Bât. GC), Station 18, CH-1015 Lausanne, E-Mail: anton.schleiss@epfl.ch