Ökologie von Fliessgewässern

Autor(en): **Meier, Claude / Hofmann, André**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **107 (1989)**

Heft 49

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-77218

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Naturnaher Ausbau kleiner Bäche

Neue Anforderungen

Naturnaher Wasserbau ist ein Erfordernis der Zeit. Jahrzehntelang waren für den Wasserbau vorwiegend technische Grundsätze massgebend. Heute werden nicht nur technische, sondern auch natur- und landschaftsgerechte Lösungen für Gewässerverbauungen gefordert und gesucht. Über die ökologischen Vorgänge in und am Gewässer und über naturnahe Wasserbaumethoden (vgl. Bild) bestehen allgemein noch erhebliche Kenntnislücken.

Vor einigen Jahren wurde deshalb im Kanton Zürich eine Arbeitsgruppe gebildet, die sich zur Aufgabe gemacht hat, die biologischen und technischen Grundlagen für den naturnahen Wasserbau zu sammeln, zu bearbeiten und in geeigneter Form zu veröffentlichen.

Die interdisziplinäre Zusammensetzung der Gruppe bietet Gewähr für eine vielseitige Betrachtungsweise des Problems.

Mit dem ersten Artikel «Ökologie von Fliessgewässern» soll das Interesse am Lebensraum Fliessgewässer geweckt werden. Weitere Artikel über die Gestaltung und Dimensionierung von «Blockrampen» und über «Fischbekken in engen Verhältnissen» werden folgen.

Ich hoffe, dass diese Beiträge das Verständnis für den naturnahen Wasserbau fördern und weitere Kreise von der Notwendigkeit eines weit gefassten Gewässerschutzes überzeugt werden können.

Christoph Maag
Dipl. Ing. ETH, Chef des Amtes für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich

Ökologie von Fliessgewässern

VON CLAUDE MEIER, GOLDINGEN, UND ANDRÉ HOFMANN, ZÜRICH

Allgemeine Merkmale von Fliessgewässern

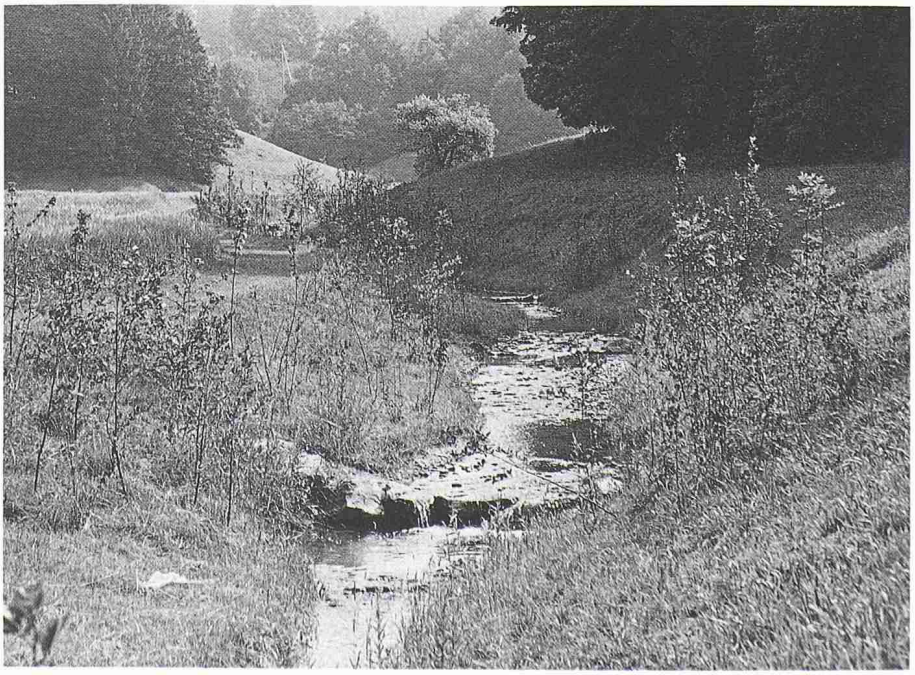
Fliessgewässer mit ihrer unregelmässigen Wasserführung unterscheiden sich grundlegend von stehenden Gewässern. Die Strömung bestimmt zusammen mit anderen Faktoren, wie Temperatur und Licht, das Leben in einem Bach. Folgt man ihm von der Quelle bis zur Mündung, ändern sich diese Faktoren und beeinflussen damit die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft. Sie wird auch von den ökologischen Eigenschaften der Lebewesen und ... vom Zufall bestimmt (Ökologie: Lehre von den Wechselwirkungen zwischen Lebewesen und ihrer Umwelt).

Fliessgewässer sind ausgesprochen dynamische Lebensräume. Dazu tragen insbesondere unregelmässig auftretende Hochwasser bei, die zur Umschichtung des Sedimentes führen und damit die Lebensgemeinschaft teilweise zerstören können. Die Anpassung der Bachbewohner geht dahin, den frei gewordenen Raum möglichst rasch wieder zu besiedeln. Dass die Wasserströmung auch vorteilhaft sein kann, beweist die Tatsache, dass man oft grosse Siedlungsdichten an Stellen mit hoher Strömungsgeschwindigkeit findet. An solchen Stellen liefert der Strom den dort ansässigen Tieren ständig Nahrungspartikel, so dass ihre Zahl im Extremfall nur noch durch das Platzangebot beschränkt wird.

Natürliche Bäche weisen vielfältige Lebensbedingungen auf und werden deshalb von zahlreichen Lebewesen besiedelt. Im Gegensatz zu stehenden Gewässern findet man hier viele Spezialisten, die sich in Körperbau und Verhalten ihrem jeweiligen Lebensraum optimal angepasst haben.

Die Organismen einer Lebensgemeinschaft sind durch die Weitergabe von Nährstoffen miteinander verbunden. Was grüne Pflanzen produzieren, wird von Tieren gefressen. Abgestorbene Organismen werden von Bakterien so abgebaut, dass wieder verfügbare Nährstoffe für die Pflanzen entstehen. Dann spricht man von einem Stoffkreislauf. Solche Kreisläufe sind typisch für Landökosysteme.

Davon unterscheiden sich Fliessgewässer klar. In kleinen beschatteten Bächen gibt es wenig eigene Produktion von pflanzlichem Material. Bis zu 99% der gesamten Nahrung für Bachtiere stammen dann von den Pflanzen der Ufervegetation. Das Wasser des Bachs



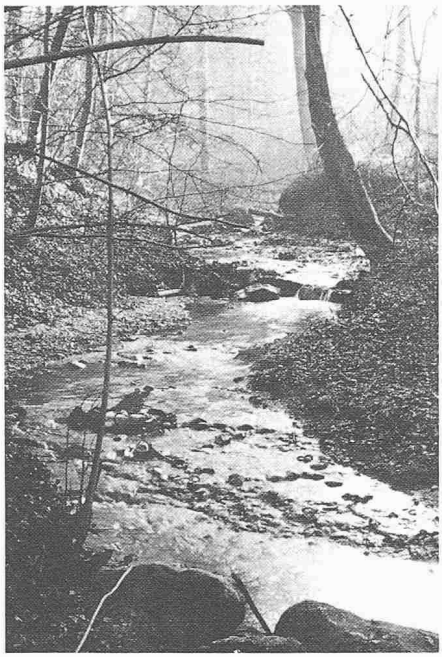


Bild 1. Waldbach mit Schnellen und Stillen; Quelle: Verena Lubini

trägt feste und gelöste Nährstoffe immer in der gleichen Richtung. Der oberhalb gelegene Bachabschnitt bestimmt daher das Nährstoffangebot des untenliegenden. Je schneller diese Stoffe eingefangen werden, desto besser werden sie in die Nahrungskette eingebaut: Pflanzen ernähren Kleintiere und diese wiederum dienen den Fischen als Nahrung. Der Abbau des organischen Materials erfolgt jedoch nicht am Ort seiner Produktion, sondern in der Regel bachabwärts. Deshalb spricht man im Fall von Fliessgewässern nicht von Stoffkreisläufen, sondern von Stoffflüssen.

Lebensbedingungen im Bach

Das Leben in einem Bach hängt von einer Reihe von Faktoren ab, die auf Pflanzen und Tiere verschieden wirken. So spielt das Licht für Pflanzen die entscheidende Rolle, während es für Tiere von untergeordneter Bedeutung ist. Im folgenden werden einzelne Faktoren näher beschrieben.

Die Strömung

Sie beeinflusst die Beschaffenheit der Gewässersohle. Das fliessende Wasser bewegt die Partikel der Sohle. Dabei hängt die Grösse der bewegten Teile hauptsächlich von der Fliessgeschwindigkeit über der Sohle ab: für Sand beträgt diese 0,2 m/s, für Grobkies gar über 1 m/s. Das Wasser leistet dadurch Sortierarbeit, was zu Sohlenbereichen mit jeweils einheitlicher Korngrösse führen kann. Die Kleintiere der Gewässersohle stellen verschiedene Ansprüche an ihre Beschaffenheit, so dass sich charakteristische Lebensgemeinschaften bilden. Die Tierwelt eines rasch fliessenden Baches mit steiniger Sohle hat in der Regel eine andere Artenzusammensetzung als jene eines mässig fliessenden Baches mit feinkieseliger oder sandiger Sohle, auch bei sonst gleichen Bedingungen. Bei Korngrössen von 3 bis 5 cm Durchmesser wurde eine besonders dichte und vielfältige Besiedlung beobachtet.

Ähnliches gilt auch für die Pflanzen, doch stellen sich ihnen einige Probleme besonderer Art. Sie sind einer hohen mechanischen Beanspruchung ausgesetzt. Wenn die Strömung den Untergrund in Bewegung setzt, können ihre Wurzeln verletzt oder die Pflanzen sogar weggespült werden. Ausserdem können die von der Strömung mitgeführten Feststoffe die Pflanzen beschädigen. Oft findet man deshalb in schnell fliessenden Gewässern nur noch Moose und Algen, in langsam fliessenden hingegen kann eine reiche Vegetation entstehen. Fördernd auf das Wachstum der Pflanzen wirkt die Wasserströmung dadurch, dass sie für den ständigen Nachschub an Nährstoffen sorgt.

In einem Bach gibt es verschiedene Lebensräume. Einer davon ist zum Beispiel das von Fischen bewohnte freie Wasser. Ins freie Wasser ragen auch die Filterapparate gewisser festsitzender Mückenlarven oder die Netze bestimmter Köcherfliegenlarven. Diese Filtrierer sind in der Regel auf grössere Steine angewiesen, um daran ihre Netze oder sich selbst zu befestigen.

Strömt Wasser an festsitzenden Steinen vorbei, wird es abgebremst, und es bildet sich an ihrer Oberfläche eine Wasserschicht, deren Strömung äusserst gering ist. Diese Grenzschicht ist auf Steinen in einem Bach wenige Millimeter dick und genügt, um zahlreiche Kleintiere vor der direkten Strömung zu schützen und ihnen ein Leben auf der Oberfläche des Steins zu ermöglichen. Kleine oder flache Körperformen sind an diesen Lebensraum besonders angepasst. Beispiele dazu sind bestimmte Eintagsfliegenlarven, welche die dort wachsenden Algenrasen abweiden.

In geschützten Räumen zwischen einzelnen Erhebungen der Gewässersohle finden viele Tiere Schutz vor der Strömung. Fallaub, Holz und losgerissene Uferpflanzen können sich in dieser Zone absetzen und bilden die Nahrungsgrundlage für Kleintiere.

Ebenfalls von der Strömung geschützt sind die Hohlräume in der Bachsohle. Dieser Lebensraum – Interstitial genannt – reicht bis zu einem Meter unter die Grenzschicht zwischen Wasser und Sediment. Das Interstitial stellt eine wichtige Verbindung vom fliessenden Wasser zum Grundwasserbereich dar. Von grosser Bedeutung ist die Tatsache, dass man häufig gerade hier, in 10 bis 20 cm Tiefe, am meisten Tiere findet. Vielen Kleintieren dienen die tieferen Schichten als Refugium bei Hochwasser. Forellen und Äschen legen ihre Eier im gut durchspülten, kiesigen Untergrund in Laichgruben ab, die sie mit den Schwanzflossen selbst schlagen und wieder zudecken. Dort läuft auch die Embryonalentwicklung und die erste Lebensphase der «Brütlinge» ab. Daher ist der Fortbestand solcher Fischpopulationen nur dann gesichert, wenn die Interstitialräume des Sediments nicht durch feine Partikel verstopft werden. Diese Voraussetzung ist in natürlichen Fliessgewässern wegen der jährlich wiederkehrenden Hochwasser erfüllt. Bei dieser Gelegenheit wird das Sediment «gewaschen», umgeschichtet und neu strukturiert. Ausserdem besiedeln Mikroorganismen die Steinoberflächen und erhöhen die Selbstreinigungskraft des Gewässers. In dieser Hinsicht ist der Interstitialraum funktionell mit Teilen einer Kläranlage vergleichbar.

Ein besonderes, durch die Strömung verursachtes Phänomen ist die Drift. Darunter versteht man die Abwärtsverfrachtung pflanzlicher und tierischer Lebewesen. Mit eingeschlossen sind auch solche aus der Umgebung des Gewässers. Der Drift kommen verschiedene Bedeutungen zu: Zum einen liefert sie Nahrung für die Filtrierer, die darauf spezialisiert sind, ihre Beute aus dem vorbeiströmenden Wasser zu fangen. Zum anderen kann sie von Bachtieren auch absichtlich herbeigeführt werden, sei es, um Eiern oder Junglarven eine weite Verbreitung zu sichern oder um bei Nahrungsmangel neue Weidegründe zu finden. Dieses aktive Driftverhalten ermöglicht auch die erneute Besiedlung von verödeten Bachabschnitten nach einem Hochwasser. Der mit der Drift verbundenen Verarmungstendenz im Oberlauf wirken flussaufwärts gerichtete Flüge geschlechtsreifer Insekten zur Eiablage entgegen. Im Wasser lebende Tiere wandern in der Regel stromaufwärts. Ausserdem können Insekten auch von anderen Fliessgewässern zufliegen.

Licht

Die photosynthetisch wirksame Strahlung erreicht nur in klaren, untiefen Bächen den Grund. Hinzu kommt, dass die Ufervegetation Licht abhalten kann. In kleinen Bächen kann dies bis zu 95% ausmachen, so dass im Wasser nur noch wenig lichtbedürftige Pflanzen gedeihen können. Licht und Temperatur steuern saisonale Schwankungen des Pflanzenwachstums, was sich

wiederum auf die Bachfauna auswirkt. Vom Herbst bis zum Frühling fördert das Sonnenlicht beispielsweise das Wachstum der Kieselalgen, die eine wichtige Nahrung für Kleintiere sind.

Temperatur

Die durchschnittliche Wassertemperatur entspricht an der Quelle etwa der örtlichen Jahresmitteltemperatur und nimmt flussabwärts im Sommer zu, im Winter ab. Zusätzlich ist eine Tag-Nacht-Schwankung zu beobachten. Sie kann in kleinen Bächen mehrere Grade betragen, in grossen Fliessgewässern beträgt sie aber gewöhnlich weniger als 2 °C. Temperaturschichtungen wie in Seen treten nicht auf, doch können an seichten, wenig durchflossenen Stellen stärkere Temperaturschwankungen auftreten. Starke Besonnung erhöht die Temperatur ebenfalls, was eine drastische Senkung des Sauerstoffgehaltes bewirkt und zur Verdrängung empfindlicher Arten wie der Bachforelle führen kann. Tiefe Temperaturen verzögern den mikrobiellen Abbau von organischen Material. Damit steht auch weniger Nahrung für die Kleinlebewelt zur Verfügung, was sich wiederum auf das Nahrungsangebot für die Fische auswirkt. Die Temperatur kann die Entwicklungsgeschwindigkeit von Insektenlarven wesentlich beeinflussen. Sinkt zum Beispiel im Herbst die Wassertemperatur auf einen bestimmten Wert, stellen die Larven der Eintagsfliegen ihr Wachstum ein und überwintern in der bis dahin erreichten Grösse. Erst bei steigenden Temperaturen im Frühjahr beginnt das Wachstum wieder. Dies kann zu ein- oder zweijährigen Entwicklungszeiten bei der gleichen Art führen. Bei Eintagsfliegen synchronisiert die Temperatur auch das Schlüpfen, so dass alle diese kurzlebigen Tiere am gleichen Ort zur gleichen Zeit fliegen.

Pflanzen und Tiere der Bäche

Klima, Relief und geologische Verhältnisse sind mitbestimmend für den Charakter eines Bachs und beeinflussen die Zusammensetzung der sich darin bildenden Lebensgemeinschaft. Von grosser Bedeutung ist dafür auch die Wasserführung.

Obwohl jeder Bach genau besehen einmalig ist, kann man trotzdem aus biologischer Sicht verschiedene Einteilungen vornehmen und die Vielfalt gruppieren. Im einfachsten Fall können wir bei uns zwei Haupttypen unterscheiden: Bäche im Hügelland und Bäche im Flachland. In den folgenden Ausführungen wird die enge Beziehung zwischen diesen Bachtypen und den darin vorkommenden Lebensgemeinschaften dargestellt.

Bäche im Hügelland

Sie zeichnen sich aus durch ein starkes Gefälle und einen eher gestreckten Lauf. Im Mittelland handelt es sich meist um Bäche in bewaldeten Gebieten und - seltener - um Bächlein in Hangrieden. Grössere Bäche bilden die typischen Tobel aus. Infolge starker Beschattung und Quellnähe bleibt das Wasser das ganze Jahr kühl. Im Längenprofil folgen raschüberströmte Abschnitte («Schnellen») auf tiefere, ruhigere Zonen («Stillen»). Dieser Wechsel ist charakteristisch für Bäche mit steinig-kiesigem Bachbett (vgl. Bild 1). Dabei kann das Bachbett über die gesamte Breite völlig unregelmässig gestaltet sein. Grobe Blöcke, grössere Steine, dazwischen Sand und Kies verteilen sich ohne erkennbares Muster über die Bachsohle bis zum Uferbereich hin. Im Bereich der Schnellen kommt es zu einer intensiven Belüftung des Wassers.

Der Pflanzenwuchs in den beschatteten Bächen ist bescheiden. Als Bewuchs auf den Steinen dominieren Kieselalgen, aus dem Wasser ragende Steine werden oft von Moosen überwachsen. Ab und zu bilden sich auch einzelne Moos- oder Algenbüschel unter Wasser. Höhere Pflanzen fehlen meist ganz.

Die Tierwelt ist dagegen erstaunlich reich. Es gibt viele vegetarische und räuberische Arten von Insektenlarven, die man auf der Unterseite von Steinen entdecken kann. Alle sind in irgendeiner Weise an das rasch strömende Wasser angepasst. Besonders typische Vertreter sind die an ihren langen Schwanzfäden kenntlichen Larven der Eintagsfliegen (Bild 2) und Steinfliegen. Schon im Februar kann man z.B. einer ersten Steinfliegenart begegnen, die Tiere paaren sich sogar auf dem noch schneebedeckten Ufer. Im Gegensatz zu den Eintagsfliegen sind Steinfliegen wenig flugfähig, sitzen auf Steinen im Bach oder kriechen am Boden und im Geäst von Büschen am Ufer herum. Die Köcherfliegen erkennt man meist an ihrem selbstgebauten Gehäuse aus Steinchen, Holz- oder Laubstückchen. In überfluteten Moos- und Algenbüscheln sowie an ruhigen Stellen hinter grossen Steinen können sich viele weitere Insektenlarven halten. Dort leben auch Larven von Köcherfliegen, die keine Häuschen bauen. Sie spinnen dafür aus einem Sekret kleine Netze als Reusen und ernähren sich von den darin hängenbleibenden Stoffen. An strömungsarmen Stellen, wo Fallaub und anderes Geschwemmsel liegenbleibt, krabbeln zahlreiche Bachflohkrebse herum (Bild 3). Sie spielen eine wichtige Rolle beim Abbau von Pflanzen- und Tierresten und als Fischnährtiere. Auf stark überströmten Steinen oder

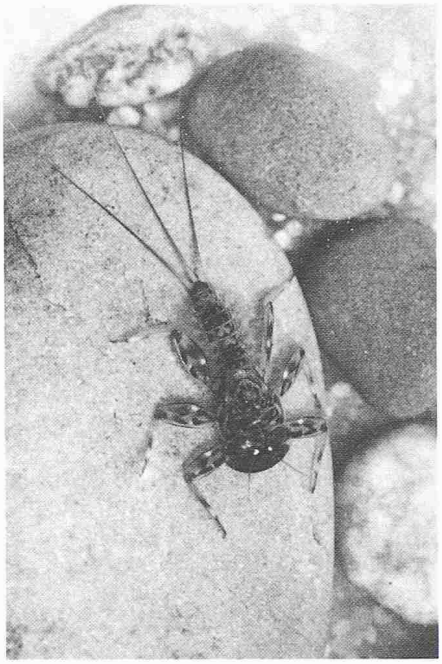


Bild 2. Eintagsfliegenlarve; Quelle: Verena Lubini

Felsen entdeckt man manchmal Larven der Kriebelmücken, die sich mittels einer Haftscheibe am Hinterende des Körpers an der Unterlage festhalten können.

Obwohl diese Kleintierwelt recht verborgen lebt, ist sie sehr vielfältig. Dem Kenner ist es möglich, aufgrund der vorhandenen Arten die Wasserqualität und den Lebensraum als Ganzes zu beurteilen, und das auch dann, wenn von Auge am Gewässer keine unmittelbare Beeinträchtigung feststellbar ist. Solche Arten nennt man deshalb Bioindikatoren.

Auffälliger sind für uns die Vertreter der Wirbeltiere. Die Bachforelle ist ja

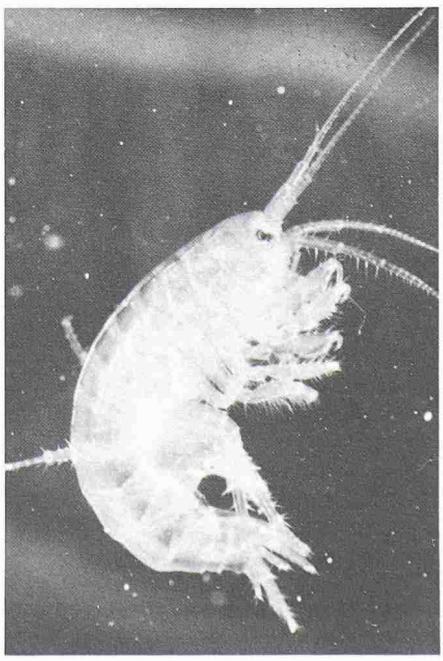


Bild 3. Bachflohkrebs; Quelle: Egon Knapp

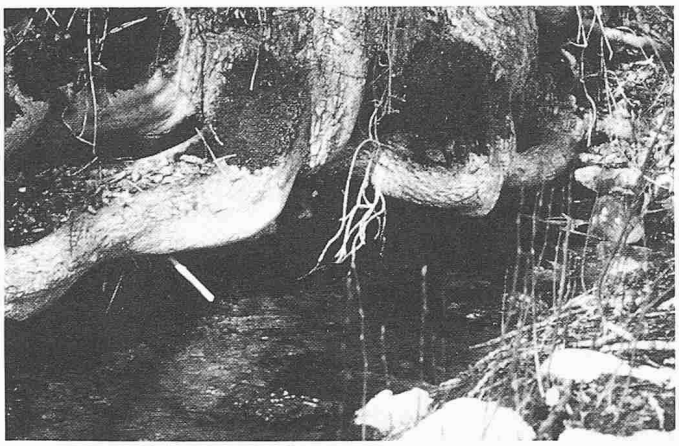


Bild 4. Natürlicher Unterstand für Bachforelle und Flusskrebs; Quelle: Verena Lubini

jedem bekannt. Forellen wählen ganz bestimmte Bachstellen als Aufenthaltsort und sind sehr ortstreu (Bild 4). Es muss Deckung vorhanden sein (Kolklöcher, unterspülte Uferstellen), aber auch eine Strömung, die dem Fisch die Nahrung gewissermassen vor das Maul spült. Er selber hält sich im Strömungsschatten auf, so dass er nicht viel Kraft aufwenden muss, um an Ort zu bleiben. Wenn in einem Gewässer noch Naturverlaichung möglich ist und sich ein gesunder Bestand von selbst erhält, weist das auf ein intaktes Gewässer hin. Auch die heimliche, nachtaktive Groppe verdient Erwähnung. Sie hält sich gern in Hohlräumen zwischen grösseren Steinen und Blöcken auf. Beide Fischarten ernähren sich vor allem im Winter von den vorher genannten Kleintieren, während im Sommer ein Grossteil der Nahrung aus ins Wasser gefallenen Insekten besteht.

Wasseramsel und Bergstelze sind Charaktertiere der grösseren Bäche. Sie finden im Geschwemmsel des Ufers reichlich Nahrung. Die Wasseramsel kann sogar tauchen und unter Wasser nach Insektenlarven suchen. Die Bergstelze ist eine nahe Verwandte der bekannteren Bachstelze, die aber – entgegen ihrem Namen – gar nicht besonders an Bäche gebunden ist. Wasseramsel und Bergstelze brüten beide unmittelbar am Wasser, manchmal hinter Wasserfällen oder in Felsspalten bei Abstürzen und Steilufern.

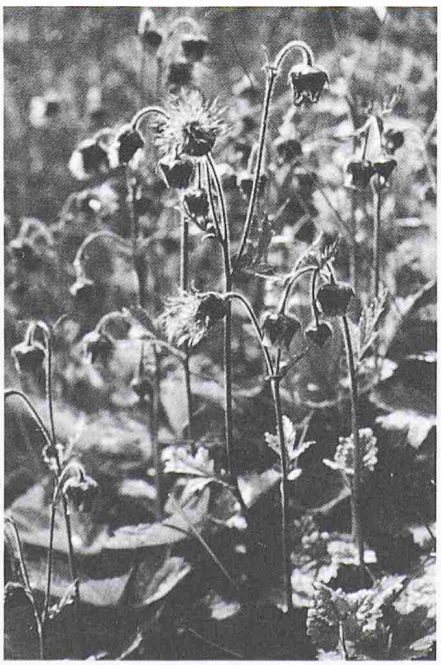


Bild 5. Bachnelkenwurz; Quelle: Albert Krebs

Die Vögel als Landlebewesen leiten über zum Uferbereich. Er ist viel reicher bewachsen als der Bach selbst. Das sieht man besonders dort, wo der Boden weich und sumpfig ist und auch etwas Sonnenlicht durchs Blätterdach dringt.

In diesen feuchten Uferbereichen, in nassen Mulden oder im überflutungsbereich temporärer Seitengerinne entsteht eine dichte Krautschicht. Charakterpflanzen sind zum Beispiel Bachnelkenwurz (Bild 5), Sumpfdotterblume (Bild 6), Bitteres Schaumkraut, Pestwurz, verschiedene Farne und Schachtelhalme. Diese Krautfluren sind wichtige Lebensräume für Amphibien und Kleintiere, wie Käfer, Spinnen, Schnekken, Spitzmäuse und viele mehr.

Wenden wir uns noch den kleineren Zuflüssen, Hangriedbächlein und Rinnsalen zu. In den steil herabfliessenden Seitenbächlein eines Tobels bilden sich häufig kleine Kolke. Darin setzen Feuersalamander gern ihre Larven ab. Diese können sich in der Strömung des Hauptbachs nicht halten, wohl aber in den ruhigen und trotzdem sauerstoffreichen Kolken. Kleine Bächlein findet man auch in Hangrieden oder in Wiesen in hügeligem Gelände. Zwar weisen diese Bächlein von oft nur wenigen Dezimetern Breite keine vielfältige Fauna auf, da ihre Strukturvielfalt gering ist. Doch leben dort einige typische Arten, die besonders erwähnenswert sind. Gut im Bodenschlamm vergraben, lauert die Larve einer Libelle, der Gestreiften Quelljungfer, auf Beute. Sie ist die Schwesterart der Zweigestreiften Quelljungfer, die man an Bächen der Ebene antrifft. An ruhigeren Stellen des Bächleins flitzen auf der Wasseroberfläche die kleinen Stosswasserläufer herum, die von ins Wasser gefallenen Insekten leben.

Bei dieser Darstellung muss man sich vor Augen halten, dass die beschriebene Vielfalt nur selten in einem einzigen Bach zu finden ist. In Laubwäldern liefert Fallaub reichlich Nahrung für die vielen Kleintiere. Bäche in Nadelwäldern sind hingegen artenarm wegen des Mangels an leicht abbaubarem Blattmaterial. Der Insektenreichtum der Nadelbäume ist viel geringer als derjenige von Laubbäumen. Fischgewässer in Nadelwäldern sind deshalb von deutlich schlechterer Qualität. Auch die Wasserführung und die Strukturierung der Bachsohle sind für die Artenvielfalt mitentscheidend. Kleine Waldbächlein können sich darum nicht mit einem Tobelbach messen.

Bäche im Flachland

Kennzeichen dieser Bäche ist ihr geringes Gefälle, ihr Lauf führt natürlicherweise zur Bildung von Mäandern. In diesen Bachkrümmungen bilden sich charakteristische, asymmetrische Querprofile mit tief erodierenden Prallufern und flach auslaufenden Gleitufern. Damit verbunden ist eine Verteilung der Korngrössen von grobem Sediment am Prallufer zu stetig feiner werdendem Sediment am gegenüberliegenden Gleitufer. Dank dieser Mäander kommt es zu einer ausgeprägten Vielfalt an kleinen, ökologisch unterschiedlichen Standorten.

Entsprechend finden wir verschiedene Pflanzen und Tiere, die an die jeweiligen Boden- und Strömungsverhältnisse angepasst sind. Im weichen Grund des Gleitufers entdeckt man vielleicht Larven einer Libelle, der Zweigestreiften Quelljungfer oder solche gewisser Eintagsfliegen, die sich ebenfalls eingraben. Sehr häufig sind dort Zuckmükkenlarven, weitere Insektenlarven und Wurmarten. Ab und zu findet man Wasserschnecken, Egel und die kleinen Erbsenmuscheln. In den rascher durchströmten Bereichen zum Prallufer hin liegen grössere Kiesel und Steine, an denen sich strömungsangepasste Insektenlarven noch halten können. Viele dieser Larven sind vorwiegend nachtaktiv, deshalb entdeckt man sie am Tag unter den Steinen.

An grösseren Bächen entstehen manchmal am Prallufer Anrisse und kahle Stellen. Sind diese genügend hoch (rund 2 Meter), kann der Eisvogel dort seine Bruthöhle hineingraben. Diese Anrisse sind auch wichtige Kleinlebensräume für Pionierpflanzen (z.B. Weidenröschen, Huflattich).

Frei fliessende, ausgeprägt mäandrierende Bäche sind jedoch bei uns selten,

da der Mensch ihren Lauf vielenorts begradigt hat. In gestreckt verlaufenden Abschnitten - sei es an einem natürlichen Bach, einem alten Meliorationsgraben oder einem kleinen Kanal - ist das Profil U-förmig oder leicht trapezförmig und damit die Standortvielfalt kleiner.

An beidseits bestockten Ufern befestigen die Wurzeln von Erlen und Weiden das Ufer, so dass sich der Bach nur noch vertikal eintiefen kann. Wenn die Strömung am weichen Uferboden angreifen kann, kommt es manchmal unter Bäumen (z.B. Eschen) zu leichten Unterspülungen, die für Forellen beliebte Unterstände darstellen. In der Regel stellen sich am Ufer zuerst Weiden, Erlen und Eschen ein, weil sie entweder besonders leicht anwachsen (Weiden) oder durch ihre Samen eine weite Verbreitung erfahren. Vor allem durch Vögel werden dann weitere Samen von Sträuchern und Bäumen mit fleischigen Früchten verbreitet (z.B. Vogelkirsche, Traubenkirsche, Holunder, Pfaffenhütchen, Liguster), so dass ein Bachgehölz zunehmend vielfältiger wird. Jetzt entsteht auch Lebensraum für Heckenvögel, denen eine immer reicher werdende Insektenfauna genügend Nahrung bietet. Ein beträchtlicher Teil der Fischnahrung besteht im Sommerhalbjahr aus Insekten, die von Büschen und Bäumen ins Wasser fallen. Das Bachwasser bleibt durch die Beschattung kühl und sauerstoffreich. Auch Kleintiere wie zum Beispiel Grasfrosch, Erdkröte, Feuersalamander, Blindschleiche, Mäuse und Spitzmäuse besiedeln gern die deckungsreichen Bachgehölze. Das wiederum lockt Greifvögel, Eulen und kleine Raubtiere (Hermelin, Mauswiesel) an, die ihnen nachstellen.

Die ökologischen Beziehungen in einem aufwachsenden Bachgehölz werden also zunehmend vielfältiger und vernetzter. Man muss sich aber bewusst sein, dass an einem Standort nie alle dieser Beziehungen realisiert sind. Deshalb hat jeder Bach sein eigenes Gepräge, das wandelbar ist.

Nicht immer werden jedoch Bachufer von einem Gehölzsaum begleitet, wie dies natürlicherweise die Regel wäre. Aufgrund intensiver Bewirtschaftung des Kulturlands bis an den Bachrand fehlt oft eine durchgehende Bestockung. Offene Wiesenbäche sind aber sehr interessante Lebensräume (Bild 7). Leider wurden sie häufig verbaut oder gar eingedolt. Die Besonnung fördert das Pflanzenwachstum, dadurch kann sich auch eine reiche Wirbellosenfauna einstellen, deren Artenvielfalt meist grösser ist als in Waldbächen. Auch der Fischer schätzt die Wiesenbäche, da ihre erhöhte Produktivität eine gute Nahrungsgrundlage für die Fische ergibt.

Ist das Wasser genügend tief und fliesst es langsam, können sich im Bachbett Pflanzen ansiedeln, die manchmal völlig untergetaucht sind oder im Wasser fluten. Zu den weit verbreiteten, häufigen Arten gehören Brunnenkresse und Wasser-Ehrenpreis, erwähnenswert sind auch verschiedene Laichkräuter, Tausendblatt, Wasserstern und Wassersellerie. Auch Seltenheiten gilt es zu beachten, wie den Unverzweigten Igelkolben oder den Wasser-Hahnenfuss, der mit dem als Wasserunkraut bekannten Flutenden Hahnenfuss nah verwandt ist. Im dichten Pflanzengewirr - etwa von Wasserstern oder Brunnenkresse - leben zahlreiche Fischnährtiere wie Bachflohkrebse, Wasserasseln und Larven von Eintagsfliegen, Köcherfliegen und Mücken.

Manchmal bilden die Pflanzen ganze Teppiche oder Schwaden. Sie gedeihen üppig in nährstoffreichen und gut besonnten Abschnitten mit geringer Strömung, werden aber bereits durch teilweise Beschattung stark zurückgedrängt. Idealerweise besteht ein Mosaik von kleinen oder lockeren Pflanzenbeständen, zwischen denen der Wasserlauf hindurchzieht. Bei ungehinderter



Bild 6. Natürlicher Bach, am Ufer wachsen Sumpfdotterblumen; Quelle: Albert Krebs

Dynamik werden die Pflanzen durch Hochwasser periodisch weggerissen, was den Abfluss gewährleistet und auch zur Selbstreinigung der Bachsohle beiträgt. Solche Wiesenbäche findet man noch da und dort im Kanton Zürich. Ein Charaktertier derselben ist die blaugrün schillernde Blauflügel-Prachtlibelle (Bild 8). Sie steht heute leider auf der «Roten Liste» der bedrohten Libellenarten, war aber früher «überall in Unmengen» zu finden, wie aus einer älteren Schrift hervorgeht [5].

Biologisch bedeutend und gleichermassen ästhetisch ansprechend ist die Ufervegetation an den offenen, unbestockten Bächen der Ebene. Je nach den ökologischen Verhältnissen kann es zur Ausbildung verschiedener Pflanzengesellschaften kommen. Wichtige Faktoren sind beispielsweise Feuchtigkeit, Untergrund und Strömungsverhältnisse. Die Bachbunge bildet häufig am Gewässerrand kleine Bestände; Stengel

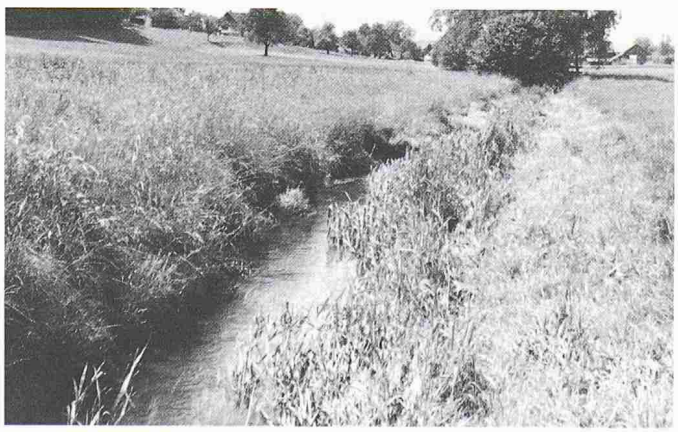


Bild 7. Offener, besonnter Wiesenbach; Quelle: Claude Meier

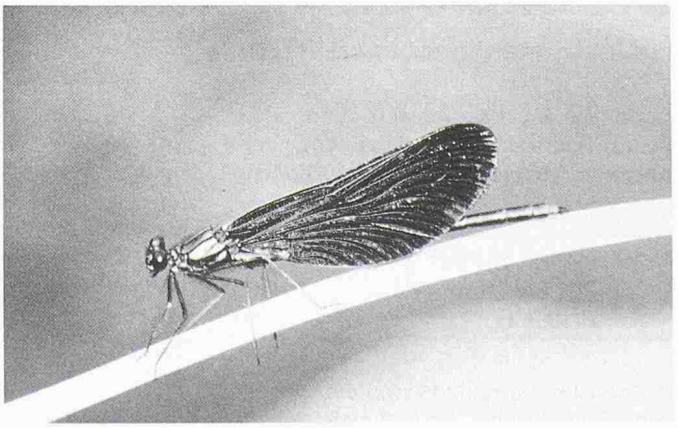


Bild 8. Männchen der Blauflügel-Prachtlibelle; Quelle: Verena Lubini

Literatur

[1] *Bellmann, H.:* Leben in Bach und Teich. Steinbachs Naturführer, Mosaik-Verlag, 1988.
[2] *Bundi, U.* et. al.: Ökologische Aspekte des mengenmässigen Gewässerschutzes. EAWAG-NEWS 18: 20–23, 1984.
[3] *Engelhardt, W.:* Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? KOSMOS Naturführer, 1987.
[4] *Frutiger, A.:* Gefährdete Mikrofauna der Fliessgewässer. Neue Zürcher Zeitung Nr. 169: 41–42, 1985.
[5] *Ris, F.:* Die schweizerischen Libellen. Fauna insectorum helvetiae. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 7: 1–50, 1886.
[6] *Sauer, F.:* Wasserinsekten. Sauers Naturführer, Fauna-Verlag, 1988.

und Blätter wachsen nicht selten noch ins Wasser hinein. Im Frühling leuchtet schon von weitem die Sumpfdotterblume, die an Bächen meist vereinzelt, in angrenzenden Sumpfgebieten aber oft zahlreich auftritt. An langsam fliessenden Bächen sind insbesondere die Gelbe Iris und der Igelkolben auffällig, und auch Rohrglanzgras und Spierstaude findet man entlang der Ufer. Das Mosaik der Pflanzen ist oft ausserordentlich vielfältig. Bedeutend sind auch die verschiedenen Seggen und Binsen, die ebenfalls am Ufer wachsen. An der Böschung stellen sich zahlreiche Blütenpflanzen ein, wie Margerite, Wiesen-Flockenblume, Salbei, Wiesen-Knautie, Hornklee. Es können reichgegliederte Fluren entstehen, die einem Heer von Kleinlebewesen Unterschlupf bieten. Gerade die Böschungen grösserer Bäche sind deshalb aus natürschützerischer Sicht wichtige Lebensräume, die je nach Lage und Feuchtigkeitsverhältnissen eine unterschiedliche Ausprägung zeigen. An trockenen, sonnigen Böschungen findet man zum Beispiel Blumen der Magerwiesen und viele Insekten wie Heuschrecken, Grillen, Hummeln und Wildbienen sowie da und dort Zauneidechsen.

Folgerungen für den Wasserbau

Die meisten Mittellandbäche entsprechen nicht dem Ideal aus biologischer Sicht. Viele sind nur nach technischen Gesichtspunkten verbaut worden, ihr biologischer Wert ist deshalb oft gering. Für den Ausbau von Bächen lassen sich jedoch Lösungen finden, die sowohl in biologischer wie in wasserbaulicher Hinsicht überzeugen. Allerdings sind Bäche recht komplexe Lebensräume. Es genügt deshalb nicht, da und dort ein paar Weiden zu pflanzen oder an einzelnen Stellen einen Fischgumpen einzubauen. Vielmehr gilt es, alle biologischen Möglichkeiten auszunutzen. Deshalb ist es unerlässlich, dass sich der Wasserbauer für die Projektierung einen kompetenten Partner sucht, der die Biologie der Gewässer kennt. Weitere Kontaktpersonen sind:

- Kantonale Naturschutzfachstelle
- Fischerei- und Jagdverwaltung
- lokale Naturschutzsachverständige.

Für den naturnahen Wasserbau kann man aus dieser Sicht folgende Grundregeln aufstellen:

□ Unverbaute Naturbäche sind höchst schutzwürdig und sollten wenn immer möglich in ihrem natürlichen Zustand erhalten bleiben. Falls ein Eingriff unvermeidlich ist, muss vermieden werden, dass aus Unkenntnis beim Bachausbau oder -unterhalt eine Verarmung eintritt oder biologisch wertvolle Abschnitte beeinträchtigt werden. Schon der Ausbau einer Strecke von 100 Metern kann seltene Pflanzen oder Tiere verdrängen. Mit einer Vorabklärung des gegenwärtigen Naturwerts können Probleme erkannt und bei der Projektierung berücksichtigt werden.

□ Beim Ausbau eines Bachs soll der Naturwert mindestens keine Beeinträchtigung, nach Möglichkeit aber eine Aufwertung erfahren. Das wird wiederum am besten durch ein interdisziplinäres Vorgehen bei der Projektierung erreicht. Hier können einengende Randbedingungen auftreten wie etwa

- Landbedarf bei Projekten in Siedlungen oder im Kulturland,
- zu schützende Anlagen,
- Hochwassergefahren,
- enge Verhältnisse.

Wichtig ist, dass man auch bei nicht optimalen Verhältnissen versucht, eine ökologische Aufwertung zu erreichen. Besonders erwünscht ist eine Aufwertung von hydrologisch genügenden, aber biologisch unbefriedigenden Abschnitten (Wiederbelebung). Hier bietet sich dem initiativen Ingenieur ein weites Betätigungsfeld.

Dieser Artikel wurde verfasst von der Arbeitsgruppe «Kleine Bäche»:

Christian Göldi, dipl. Bauing. ETH, *André Chervet*, dipl. Bauing. ETH, *Dr. André Hofmann*, dipl. Zoologe, *Claude Meier*, dipl. Zoologe, *Heiner Niederer*, dipl. Zoologe, *Dr. Heinz W. Weiss*, dipl. Bauing. ETH

Kontaktadresse für diesen Artikel: Amt für Raumplanung, Fachstelle Naturschutz, Dr. A. Hofmann, 8090 Zürich

Die ökologische Rückzahldauer

Ein Instrument der Umwelttechnik

VON PETER SUTER UND PETER HOFSTETTER, ZÜRICH

Beim Einsatz von umweltschonenden neuen Technologien und bei der Erstellung von Anlagen der Entsorgungstechnik werden Bauteile verwendet, bei deren Herstellung schon gewisse Schadstoffe frei wurden. Dasselbe gilt beim letztlichen Abbruch der Anlage. Es wird also eine gewisse Umweltbelastung *investiert* in der Absicht, durch den Betrieb der Anlage eine Verbesserung der Umweltbelastung zu erzielen. Man kann nun eine *ökologische Rückzahldauer ORZ* definieren, welche aussagt, nach welcher Zeit die durch den Betrieb der Anlage erzielte Umweltentlastung gleich ist der investierten Umweltbelastung:

$$ORZ = \frac{\text{Investierte Umweltbelastung}}{\text{Verbesserte Belastung im Betrieb pro Jahr}}$$

Dies entspricht der «Pay-back-time» bei Kapitalinvestitionen.

Diese Rückzahldauer hat ihr *Analogon* in der Energietechnik, wo die *energetische Rückzahldauer ERZ* bei der Beurteilung von Massnahmen zum Energiesparen oder zur Energieträgersubstitution verwendet wird, indem sie angibt, nach welcher Zeit die im Betrieb eingesparte oder substituierte Energie die in die Anlage vorinvestierte Energie «zurückgezahlt» hat:

$$ERZ = \frac{\text{Investierte Energie}}{\text{Gesparte oder substituierte Energie im Betrieb pro Jahr}}$$

Natürlich muss die Lebensdauer der Anlage grösser als die ERZ sein, soll das