

KOSMOS

Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?



KOSMOS—NATURFÜHRER

Pflanzen und Tiere
unserer Gewässer



WOLFGANG ENGELHARDT

MIT KOSMOS MEHR ENTDECKEN
Über
400
Tier- und
Pflanzen-
arten
SEIT 1822

Was lebt
in Tümpel,
Bach und
Weiher?





Prof. Dr. Wolfgang Engelhardt

vollständig überarbeitet und aktualisiert von
Dr. Peter Martin und Dr. Klaus Rehfeld

Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?

Pflanzen und Tiere
unserer Gewässer

KOSMOS

Inhalt

- 6 Vorwort**
- 8 Einleitung**
- 8 Limnologie – die Ökologie der Binnengewässer
- 9 Süßgewässer: Bedeutung und Gefährdung
- 10 Die biologischer Art
- 11 Nomenklatur
- 12 Praktische Hinweise

- 14 Wasser als Lebensraum**
- 14 Der Wasserkreislauf
- 14 Physikalische und chemische Eigenschaften

- 17 Gewässertypen in Mitteleuropa**
- 17 Grundwasser**
- 18 Quellen und Fließgewässer**
- 18 Quellen
- 20 Der Bach
- 24 Exkurs: Anpassungen der Organismen an das fließende Wasser
- 29 Exkurs: Das hyporheische Interstitial
- 30 Vom Bach zum Fluss
- 30 Umweltfaktoren in Fließgewässern
- 34 Stehende Gewässer**
- 34 Weiher, Teich, See
- 39 Periodische Gewässer: Tümpel
- 43 Hochmoore, Torfstiche
- 45 Salzwässer
- 47 Kiesgruben

- 50 Gefährdungen der Gewässer**
- 50 Verschmutzung und belastende Stoffe
- 52 Sonstige Beeinträchtigungen

- 57 Arten- und Gewässerschutz**
- 57 Rote Listen
- 59 EU-Wasserrahmenrichtlinie

- 62 Gewässerbewertung**
- 63 Exkurs: Trophie – Saprobie

- 64 Gewässerzustand**

- 66 Die Pflanzenwelt**
- 68 Besonderheiten der Wasserpflanzen
- 74 Gefährdung und Schutz der Wasser- und Sumpfpflanzen

- 76 Die Pflanzengesellschaften**
- 76 Quellen und Fließgewässer
- 77 Stehende Gewässer
- 81 Pflanzengesellschaften und Verlandung
- 82 Besondere Standorte

- 86 Die Pflanzentafeln**
- 86 Pflanzen fließender Gewässer
- 88 Schwimmblattgürtel
- 92 Unterwasserpflanzen
- 94 Pflanzen stehender Gewässer
- 96 Teichröhrichte
- 98 Großseggenwiesen
- 100 Pflanzen besonderer Standorte
- 105 Invasive Neophyten

- 106 Die Tierwelt**
- 108 Schwämme (Porifera)
- 109 Nesseltiere (Cnidaria/Hydrozoa)
- 110 Moostierchen (Bryozoa)
- 112 Strudelwürmer („Turbellaria“)
- 114 Fadenwürmer (Nematoda)
- 115 Saitenwürmer (Nematomorpha)
- 116 Ringelwürmer (Annelida)

- 120 Gliederfüßer (Arthropoda)**
- 120 Krebse (Crustacea)**
- 120 Kiemenfußkrebse (Branchiopoda)
- 122 Blattfußkrebse (Phyllopoda)
- 125 Maxillopoda
- 127 Höhere Krebse
- 132 Insekten (Insecta)**
- 132 Springschwänze (Collembola)
- 134 Eintagsfliegen (Ephemeroptera)
- 136 Libellen (Odonata)
- 141 Stein- oder Uferfliegen (Plecoptera)
- 143 Wanzen (Heteroptera)
- 149 Netzflügler i. w. S. (Neuropteridae)
- 151 Käfer (Coleoptera)
- 161 Zweiflügler (Diptera)
- 161 Mücken („Nematocera“)
- 166 Fliegen (Brachycera)
- 171 Köcherfliegen (Trichoptera)
- 176 Schmetterlinge (Lepidoptera)
- 177 Hautflügler (Hymenoptera)

- 178 Spinnentiere (Arachnida)
- 178 Webspinnen (Araneae)
- 179 Süßwassermilben („Hydrachnidia“)

- 182 Weichtiere (Mollusca)**
- 182 Muscheln (Bivalvia)
- 186 Schnecken (Gastropoda)

- 190 Wirbeltiere**
- 190 Fische („Pisces“)
- 191 Lurche (Amphibia)
- 192 Kriechtiere („Reptilia“)
- 193 Säugetiere (Mammalia)

- 194 Die Tiertafeln**
- 194 Süßwasserschwämme
- 194 Nesseltiere
- 194 Moostierchen
- 196 Strudelwürmer
- 198 Saitenwürmer
- 198 Ringelwürmer
- 198 Wenigborster
- 200 Egel

- 202 Krebse**
- 202 Rückenschaler
- 202 Kiemenfußkrebse
- 202 Wasserflöhe
- 206 Ruderfußkrebse
- 206 Muschelkrebse
- 208 Wasserasseln
- 208 Flohkrebse
- 212 Zehnfußkrebse

- 216 Insekten**
- 216 Eintagsfliegen
- 224 Libellen – Larven
- 228 Libellen – Imagines
- 228 Kleinlibellen
- 232 Großlibellen
- 242 Steinfliegen
- 246 Wanzen
- 250 Netzflügler
- 252 Käfer
- 252 Schwimmkäfer
- 256 Tauchkäfer



- 258 Taumelkäfer
- 258 Wasserretreter
- 260 Wasserkäfer i. e. S.
- 262 Käfer: diverse Familien
- 264 Zweiflügler
- 264 Mücken
- 272 Fliegen
- 276 Köcherfliegen
- 284 Schmetterlinge
- 284 Hautflügler

- 286 Spinnentiere**
- 286 Webspinnen
- 286 Süßwassermilben

- 288 Weichtiere**
- 288 Muscheln
- 290 Schnecken

- 298 Wirbeltiere**
- 298 Fische
- 312 Froschlurche (Laich und Kaulquappen)
- 314 Schwanzlurche
- 316 Froschlurche
- 322 Kriechtiere
- 324 Säugetiere

- 326 Literatur
- 326 Register

Vorwort

Mit dieser überarbeiteten und erweiterten Auflage treten wir erstmals offiziell als Autoren des „Engelhardt“ in Erscheinung. Für uns, die wir schon die beiden vorausgegangenen Auflagen bearbeitet haben, eine Ehre und Herausforderung zugleich. Denn: „Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?“ zählt zu den legendären Titeln des Kosmos-Verlags. Knapp und treffend umreißt er eine damals wegweisende Programmatik. Sein Autor, Wolfgang Engelhardt (1922–2006), langjähriger Präsident des Deutschen Naturschutzringes resümierte in der 14. Auflage: *„Sein Erfolg beruht sicher zum Teil auf der Tatsache, dass es nicht nur die Kenntnis von Pflanzen- und Tierarten vermittelt, sondern darüber hinaus deren Lebensräume schildert. Als erster Kosmos-Naturführer hat er schon 1954 ökologische Sachverhalte ausführlich behandelt.“*

Ein anderer Grund für seinen Erfolg liegt unzweifelhaft in der Thematik: Tümpel, Bach und Weiher sind relativ gut abgrenzbare Lebensräume, die jedem Naturfreund leicht zugänglich sind. Welche anderen Lebensräume enthalten eine solche Vielfalt an Lebensformen und gewähren so freigeibig Einblicke in verschiedenste Anpassungen? Es kommt nicht von ungefähr, dass viele Biologen prägende Erlebnisse mit dem „Tümpeln“ verbinden und dass es in der Naturpädagogik einen festen Stellenwert hat. Und es ist auch keine Zufall, dass grundlegende Prinzipien der Ökologie an Gewässern des Binnenlandes, insbesondere an Seen, erkannt wurden. Um den gesteckten Rahmen nicht zu sprengen, werden Seen und Flüsse nicht in der Tiefe behandelt wie die klassischen Kleingewässer. Dennoch finden sie, wenn es geboten ist, Erwähnung, sind doch die Grenzen in der Biologie häufig fließend.

Der Anfrage des Verlags, eine weitere Neuauflage gemeinsam vorzubereiten, sind wir gerne nachkommen, verbinden wir doch Persönliches mit dem Buch. Der ältere von uns (KR) war 1991 als Volontär des Kosmos-Verlags mit dem Werk befasst. Damals galt

es, das Buch zusammen mit Professor Engelhardt um die aquatischen und amphibischen Wirbeltiere zu erweitern. Der jüngere von uns (PM) kennt das Werk aus langjähriger Praxis als Kursleiter ökologischer Bestimmungskurse an der Universität Kiel. Vor allem ist er als Gutachter von Binnengewässern in Norddeutschland mit Fragen der Artbestimmung, der ökologischen Bewertung und mit Naturschutzaspekten vertraut. Die Zielsetzung des Werkes ist geblieben: Es möchte (1) eine sichere Bestimmung der wichtigsten Pflanzen und Tiere der Binnengewässer Mitteleuropas ermöglichen, (2) Kenntnisse über die Biologie der Arten und Gruppen vermitteln, (3) zu einem Verständnis ökologischer Zusammenhänge beitragen und (4) über Wissensvermittlung und Anregungen zur Naturbeobachtung motivieren, sich für den Schutz der Binnengewässer und ihrer Lebensgemeinschaften einzusetzen.

Die vordere und hintere Buchklappe enthalten Übersichten zur Bestimmung, die direkt zu den Abbildungstafeln mit den zugehörigen Beschreibungen führen. Vertiefende Informationen finden sich in eigenen Kapiteln: Das Kapitel „Die Pflanzenwelt“ ist ökologisch ausgerichtet: (1) Es widmet sich den Anpassungen der Wasserpflanzen an ihren Lebensraum und vermittelt damit Grundlagen für ein Verständnis umweltbezogener Bauplaneigenschaften. (2) Zudem stellt es die auf den Tafeln gezeigten Pflanzen in einen größeren ökologischen Zusammenhang: Sie sind Teil von Pflanzengesellschaften, die sich je nach Standortbedingungen in charakteristischer Weise ausprägen und damit auch den Lebensraum mitgestalten. Im Kapitel „Die Tierwelt“ steht die Systematik im Vordergrund, denn nur aus Kenntnis des gruppenspezifischen Bauplans und der evolutionären Vorgeschichte lassen sich die besonderen Anpassungen an das Leben am und im Wasser verstehen. Insbesondere bei den Tieren stellt sich das Problem der Artbestimmung, die in einigen Gruppen Spezialisten vorbehalten ist. An betreffender Stelle

wird daher ausdrücklich auf kritische Fälle hingewiesen, oft wird auch nur eine Gattung vorgestellt und/oder Spezialliteratur genannt. Werden auch viele Nutzer primär zu diesem Buch greifen, um bestimmte Pflanzen und Tiere anzusprechen und damit die Frage nach dem „Was?“ beantworten zu können, so werden sie rasch erkennen, dass die Arten nur zu verstehen sind, wenn man sie als Teil ihrer Umwelt begreift. Ihre Lebensbühne, die Gewässer, weisen hinsichtlich physikalischer und chemischer Bedingungen grundlegende Gemeinsamkeiten auf, sind aber im Einzelnen sehr vielgestaltig. Darüber, welche Bedeutung die Eigenschaften des Wassers für Lebewesen haben, wie Klima, Geologie und Landschaft zusammenwirken und verschiedene Gewässertypen entstehen lassen und was schließlich Tümpel, Bach und Weiher auszeichnet, ist in der Einleitung Näheres zu erfahren. Dort wird auch auf die Bedeutung der biologischen Art eingegangen, ein Konzept, das für die Verständigung über Lebewesen und für ein Verständnis ihrer Lebensweise von grundlegender Bedeutung ist. Lebewesen sind nämlich Akteure in ihrer Umwelt, sie wirken mit an ihrer Gestaltung, was natürlich auch für den Menschen gilt. Allzu viele Gewässer und Feuchtbiotope hat er aus Unkenntnis, aber auch aus grober Missachtung natürlicher Zusammenhänge zerstört oder gar vernichtet. Manches hat sich seit dem ersten Erscheinen dieses Buches zum Besseren verändert. Dennoch ist die Situation trotz gewachsenen Umweltbewusstseins bei weitem noch nicht befriedigend. Einen anspruchsvollen und verpflichtenden Rahmen zur Verbesserung bieten die Europäische Wasserrahmenrichtlinie sowie die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, deren Grundzüge in der Einleitung knapp vorgestellt werden und jedem bekannt sein sollten.

Bei der Vorbereitung dieser Auflage haben wir vielfältige Unterstützung erfahren. Jörg Pfadenhauer (Freising) sah den von ihm Mitte der 1980er-Jahre erstmals erstellten

botanischen Teil durch, hilfreiche Auskünfte zur Erweiterung des faunistischen Teils verdanken wir folgenden Kollegen: Reinhard Gerecke (Tübingen, diverse Anregungen zum allgemeinen Teil), Karsten Grabow (Karlsruhe, v. a. Krebse), Clemens Grosser (Elstertrebnitz, Egel), Andreas Martens (Karlsruhe, Libellen), Peter J. Neu (Kasel, Köcherfliegen), Ira Richling (Stuttgart, Weichtiere), Andreas Schmidt-Rhaesa (Hamburg, Saitenwürmer), Dietmar Spitzenberg (Hechlingen, Käfer), Arnold H. Staniczek (Stuttgart, Eintagsfliegen, Steinfliegen), David Tempelmann (Amsterdam, v. a. Wanzen) und Rüdiger Wagner (Schlitz, v. a. Zweiflügler). Die Vorschläge führten zu Aufnahme von 52 zusätzlichen Arten bzw. fünf neuen Tafeln, die Herr Kay Elzner (Oschersleben) fertigte. Ihm und der Projektleiterin des Franckh-Kosmos-Verlags, Claudia Salata, sowie Barbara Kiesewetter (Lektorat und Satz) danken wir für die gute Zusammenarbeit und das geduldige Eingehen auf unsere (Sonder)Wünsche.

Möge die neue Auflage ihren Weg gehen – auch in Zeiten, in denen schier unendlich viel Wissen in den elektronischen Medien bereitsteht, denn alles Wissen dieser Welt kann nicht ersetzen, was man mit eigenen Augen sieht und selbst entdeckt. Nochmals sei Wolfgang Engelhardt zitiert:

„Wählen Sie einen Tümpel oder einen Bach und machen Sie ihn zu ‚Ihrem‘ Tümpel, zu ‚Ihrem‘ Bach... Besuchen Sie ihn immer wieder, nicht nur im Sommer zur Badezeit, sondern auch im ersten Frühjahr, im Herbst, im Winter! Und lassen Sie sich Zeit, viel, viel Zeit! ... Nicht wer die meisten Bäche abgelaufen ist, die meisten Tümpel aufgestöbert hat, besitzt die beste Chance, in die Geheimnisse ihrer Lebewesen einzudringen und vielleicht das eine oder andere zu ergründen, sondern wer mit der größten Ausdauer beobachtet. Und es gibt noch so viel zu erforschen!“

Peter Martin, Mielkendorf (bei Kiel)
Klaus Rehfeld, Stuttgart

Einleitung

LIMNOLOGIE – DIE ÖKOLOGIE DER BINNENGEWÄSSER

Die Limnologie widmet sich der Ökologie der Binnengewässer. Sie beschäftigt sich also mit Fließgewässern (Quellen, Bäche, Flüsse), stehenden Gewässern (von Tümpeln bis zu Seen) und dem Grundwasser, erforscht die in ihnen vorherrschenden physikalischen und chemischen Bedingungen und widmet sich nicht zuletzt den Lebewesen, die in ihnen vorkommen. Wer mit offenen Augen durch die Landschaft geht, wird sich schon die Frage gestellt haben, warum bestimmte Arten nur in besonderen Gewässertypen anzutreffen sind und sich dort oft nur in bestimmten Abschnitten, etwa im Uferbereich, aufhalten. Bei der Suche nach einer Antwort schälen sich weitere Fragen heraus, die im Wesentlichen in zweierlei Richtung gehen: **(1)** Zum einen richten sie sich auf die vorherrschenden Bedingungen der unbelebten Umwelt – wie Temperatur, Sonnenexposition, Strömung, Trübung, Sauerstoffgehalt, Nährstoffgehalt, pH-Wert oder Beschaffenheit des Untergrunds. Schon allein diese Faktoren können ein Gewässer für bestimmte Arten zu einer geeigneten **Lebensstätte (Habitat)** machen oder nicht. Auch ob ein Gewässer die geeignete Größe hat, dauerhaft oder nur kurzfristig vorhanden ist, entscheidet über das Vorkommen von Arten. Dies alles sind **abiotische Faktoren**. **(2)** Zum anderen richten sich die Fragen auf die Lebewesen, die das Gewässer prägen, also seine Bewohner. Lebewesen stehen stets in Wechselwirkung mit anderen Lebewesen: Sie können Nahrungskonkurrenten oder Symbionten sein, Teil komplexer Räuber-Beute-Beziehungen sein oder anderen Arten den Weg bereiten, wie etwa Pflanzen, die Insekten als Nahrung dienen. All dies sind zusammengefasst **biotische Faktoren**.

Durch das Zusammenleben können komplexe Lebensgemeinschaften aufgebaut

werden, die sich durch bestimmte Charakterarten kennzeichnen lassen. Die Glieder derartiger **Lebensgemeinschaften (Biozönosen)** haben vielfältige Beziehungen, die sie miteinander knüpfen. Auf diese Weise kann ein Wirkungsgefüge entstehen, das der Lebensgemeinschaft, die sich in einem **Lebensraum (Biotop)** etabliert hat, eine gewisse Stabilität und die Fähigkeit zur Selbstregulation verleiht. Wenn Biozönose und Biotop als Gesamtsystem Bestand haben, spricht man von einem **Ökosystem**. Grundlage seiner dauerhaften Existenz sind **Primärproduzenten**, also Algen und grüne Pflanzen, die mithilfe des Sonnenlichts über die Fotosynthese organische Substanz aufbauen. Sie liefern die energetische Grundlage tierischen Lebens, das auf dieser Basis Nahrungsketten aufbaut – mit Pflanzenfressern (**Primärkonsumenten**), die ihrerseits von einer mehr oder weniger großen Reihe räuberischer Arten (Prädatoren) gefressen werden, bis hin zu dem Top-Konsument an der Spitze der Nahrungskette bzw. eines Nahrungsnetzes. Damit ein solches System Bestand hat, müssen letztlich die Tier- und Pflanzenleichen und die Ausscheidungen von Detritusfressern zerkleinert und von **Destruenten** (Bakterien und Pilzen) in anorganische Verbindungen abgebaut werden, die dann wieder zum Aufbau organischer Substanz zur Verfügung stehen. Es versteht sich, dass Ökosysteme wie etwa Seen einem Wandel unterliegen (vgl. S. 81, Verlandung) und ihrerseits nur Teil eines größeren Umweltgefüges sind, von dem sie sich nicht scharf abgrenzen lassen. Hinsichtlich Energiefluss und Stoffkreislauf handelt es sich letztlich immer um offene Systeme. Wichtig ist: Nicht nur zwischen Lebewesen bestehen Wechselwirkungen, dies gilt auch für die abiotischen Faktoren. Sie sind für die Lebewesen nicht nur statische Kulisse, sie können diese vielmehr beeinflussen bzw. nutzen. So verwenden Köcherfliegenlarven Sandkörner, um damit transportable Kö-

cher zu bauen oder kleine, am Boden fixierte Gehäuse, in denen sie geschützt leben. In großem Stil gestaltend wirken Biber, die durch ihre Bauaktivitäten die Strömungsverhältnisse tiefgreifend verändern und damit eine ganze Flusslandschaft prägen können, mit weitreichenden Folgen für Biotop und Lebensgemeinschaft.

Da Binnengewässer recht gut abgrenzbare Naturkörper in der Landschaft sind und sie eine überschaubare und zugleich vielfältige Lebensgemeinschaft aufweisen, ist es nicht verwunderlich, dass viele grundlegende Konzepte der Ökologie der limnologischen Forschung zu verdanken sind, insbesondere der Erforschung von Seen, die als Paradebeispiel eines Ökosystems gelten dürfen. Der Fokus dieses Buches liegt bewusst auf Tümpel, Bach und Weiher (flache Seen), also auf „überschaubaren“ Gewässern, die auf engem Raum ein reichhaltiges und v. a. hinsichtlich ihrer Anpassungen an den Lebensraum Wasser vielfältiges Leben beherbergen.

SÜSSGEWÄSSER: BEDEUTUNG UND GEFÄHRDUNG

Süßwasser ist für alles Landleben von existenzieller Bedeutung, insbesondere auch für den Menschen. Neben dem „Nahrungsmittel“ Trinkwasser benötigt er große Mengen an Brauchwasser für Haushalt, Landwirtschaft und Industrie. Den Wasserbedarf deckt er aus dem Grundwasser und den unterschiedlichsten Oberflächengewässern. Hinzu kommt die Nutzung von Gewässern für die Schifffahrt, für die Energiegewinnung und -speicherung sowie für Erholung und Freizeit. Nicht zuletzt sind Gewässer Lebensraum für eine mannigfaltige Tier- und Pflanzenwelt und tragen erheblich zum Erhalt der biologischen Vielfalt bei.

Deutschland ist durch seine Lage im gemäßigten Mitteleuropa ein vergleichsweise wasserreiches Land. Seit dem ersten Erscheinen dieses Buches zu Beginn der 1950er-

Jahre wurden in unserem Land Zehntausende von Kleingewässern, Bäche, Tümpel und Weiher, zerstört, d.h. in erster Linie trockengelegt und besonders Quellen und Fließgewässer nach rein technischen Gesichtspunkten umgestaltet und damit als Biotop entwertet. In erster Linie handelte es sich um die Folgen der Flurbereinigung. Viele Feuchtgebiete und Kleingewässer fielen auch dem Straßen- und Siedlungsbau zum Opfer. Bis in die 1980er-Jahre hinein erfolgten beispielsweise bei den Fließgewässern umfangreiche Veränderungen. Nur noch etwa 10 % der kleineren Bäche (Fließgewässer 3. Ordnung) waren bis dahin unberührt (ungefähr 15 % in den Mittelgebirgen, etwa 5 % im Tiefland). Zwischen 1950 und Mitte der 1980er-Jahre wurden allein in Westdeutschland rund 360 000 Kilometer solcher Lebensadern der Landschaften begradigt, mit Betonschalen oder Brettern aus afrikanischem Bongossiholz ausgepflastert, teils sogar in unterirdische Rohre gezwängt, in jedem Fall ökologisch vernichtet. Im Bereich des Messtischblattes 4316 (Lippstadt, Nordrhein-Westfalen) etwa wurden zwischen 1958 und 1975/76 von 72 vorhandenen Kleingewässern 76 % völlig zerstört, 12 % mehr oder weniger schwer geschädigt. Im Oberallgäu wurden zwischen 1945 und 1981 etwa 90 % aller ehemaligen tümpelreichen Streuwiesen durch Drainage trockengelegt (Melioration). Seit Einführung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) Ende 2000 (S. 59) hat sich zwar vieles verbessert, doch ist die Situation nach wie vor unbefriedigend. Vor diesem Hintergrund ist es nicht verwunderlich, dass viele der in diesem Buch vorgestellten Arten auf den amtlichen „Roten Listen“ stehen, also mehr oder weniger stark vom Aussterben bedroht sind (S. 57f.).

Jeder, der beruflich oder seines Hobbys wegen „tümpelt“, sollte darauf achten, die Gewässerbiotope bei Untersuchungen und Begehungen nicht weiter zu gefährden. An erster Stelle sollte immer die Beobachtung

Einleitung

vor Ort stehen, begleitet von entsprechenden Aufzeichnungen, sinnvollerweise ergänzt durch eine fotografische Dokumentation. Erst danach kommt, falls überhaupt erforderlich, der Fang eines Tieres, seine Verbringung in ein geeignetes Gefäß und schließlich die Bestimmung mithilfe des vorliegenden Buches oder mit Spezialliteratur. Nach erfolgter Diagnose sind die Tiere wieder behutsam in das Herkunftsgewässer zu setzen. Das gilt in gleicher Weise für Tiere, die zur Beobachtung vorübergehend in einem Aquarium gehalten wurden. Auch bei Pflanzen ist eine Diagnose meist vor Ort oder im Nachhinein mithilfe von Fotos möglich. Nur ausnahmsweise ist es erforderlich, Pflanzenteile zur Bestimmung zu entnehmen.

Jeder Naturfreund kann nicht nur durch sein Handeln zur Bewahrung bestehender Gewässer beitragen, er kann auch mithelfen, dass Kleingewässer neu entstehen, sei es durch Anlage eines naturnahen Gartenteiches (wofür es zahlreiche Bücher und Anregungen im Internet gibt, sei es durch praktische Mitwirkung oder auch finanzielle Beteiligung an entsprechenden Naturschutzaktionen. Auch Initiativen zur Sanierung von Gewässern sind von großer Bedeutung.

DIE BIOLOGISCHE ART

Artenkenntnis ist in der Ökologie unerlässlich, doch müssen wir die Leser darauf hinweisen, dass die Artbestimmung mit dem vorliegenden Buch an seine Grenzen stößt. Besonders in der artenreichen Tierwelt können immer nur exemplarische Vertreter vorgestellt werden. Eine Ansprache auf Art-niveau bleibt z. B. bei vielen Köcherfliegen, Zweiflüglern und Käfern Spezialisten vorbehalten. An der betreffenden Stelle wird daher auf Spezialliteratur hingewiesen. Der Anspruch ist nicht, Vollständigkeit zu bieten, sondern einen Überblick zu geben. Wenn wir hier dennoch näher auf die Art-

thematik eingehen, so deshalb, weil die Arten (Spezies) für die Systematik und für die Ökologie fundamentale Bedeutung haben, die weit darüber hinausgeht, mit ihnen die Naturbestände zu inventarisieren.

Betrachten wir zunächst die systematische Seite: Primär sind es ja immer Individuen, ob einzeln oder in größerer Zahl, denen wir in der Natur begegnen. Durch Beobachtung bzw. Erfahrung wissen wir, dass sie nie isoliert sind, sondern in einem größeren, über die Fortpflanzung geschaffenen Zusammenhang stehen. Bei zweigeschlechtlicher Fortpflanzung sind die Individuen Teil einer Population (Biopopulation). Arten sind somit Fortpflanzungsgemeinschaften (**Biospezies**), die gegenüber anderen gemeinsam vorkommenden (sympatrischen) Arten genetisch isoliert sind. Dieser genetische Zusammenhalt ermöglicht, dass besondere Anpassungen an den Lebensraum innerhalb der Art bewahrt bleiben. Damit kommt die ökologische Facette der Art ins Spiel: Arten können nur dank spezieller Anpassungen in ihrer Umwelt leben. Sie bauen stets Beziehungen zu ihrer belebten wie unbelebten Umwelt auf. Nur wenn „alles Nötige“ geboten wird, können sie auf Dauer vorkommen.

Unsere überaus langlebige Flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) beispielsweise kann als Art nur dort existieren, wo es Bachforellen gibt, an deren Kiemen die Jugendstadien leben, und sie ist auf ein sauberes, von sauerstoffreichem Wasser durchströmtes Bachbett angewiesen, wo die Jungmuscheln heranwachsen. Damit sind für diese Art nur zwei markante Umweltbedingungen herausgegriffen. Die Gesamtheit des Beziehungsgeflechts, das die Arten in spezifischer Weise mit ihrer Umwelt aufbauen, bezeichnet man als **ökologische Nische** (die damit nicht nur räumliche Dimensionen hat). Hinter jeder Art, die wir beschreiben bzw. die wir genau benennen, steht somit eine eigene, spezifische Lebensweise, von der wir dank generationenlanger Beobachtung

von Naturforschern wissen. Die Bestimmung einer Art öffnet somit einen ganzen Schatz des Wissens, zu dem man womöglich durch eigene Beobachtungen noch Neues beitragen kann. Die Artbestimmung ist also ernst zu nehmen. Viele Beobachtungen verlieren an Wert, wenn sie sich nicht mit Sicherheit einer Art zuordnen lassen. Besonders bei wirbellosen Tieren ist die Bestimmung heikel, weil sich viele Arten zum Verwechseln ähnlich sind (sogenannte Zwillingarten). In Einzelfällen bedienen sich Spezialisten heute genetischer Verfahren (DNA-Barcoding), um die Arten zu differenzieren. Man ist sogar in der Lage, über sogenannte Umwelt-DNA das Vorkommen von Arten anhand von Gewässerproben nachzuweisen. Abschließend sei angemerkt, dass nicht alle Lebewesen Fortpflanzungsgemeinschaften bilden. Hierzu gehören z. B. Tiere, die sich ungeschlechtlich oder über Jungfernzeugung (**Parthenogenese**, d. h. über unbefruchtete Eier) fortpflanzen. Bei Pflanzen gibt es Linien, die sich vegetativ, etwa über Ausläufer oder abgelöste Pflanzenteile, vermehren. In diesen Fällen gibt es allerdings auch einen – wenn auch lockeren – genetischen Zusammenhalt in der direkten Generationenlinie. Insbesondere bei Pflanzen kommt es darüber hinaus in z. T. größerem Umfang zu **Bastardierung** (Kreuzung) von Arten – wodurch u. U. Merkmalskombinationen zustande kommen, die unter den gegebenen Umweltbedingungen besonders erfolgreiche Linien begründen, die sich dann über Generationen fortsetzen.

NOMENKLATUR

Seit Carl von Linné (1758) werden Arten international verbindlich mit einem zweiteiligen, latinisierten Artnamen benannt. Die Malermuschel heißt zum Beispiel *Unio pictorum*. *Unio* ist die Bezeichnung der Gattung (zu der auch die ähnliche Kleine Flussmuschel und die Große Flussmuschel gehören), *pic-*

torum ist das Artbeiwort (Artepitheton). Hinter dem Artnamen steht – oft abgekürzt – der Name des Erstbeschreibers (für Linné steht z. B. L.). Er wird in Klammern gesetzt, wenn ein späterer Bearbeiter die Art einer anderen Gattung zuordnete. In wissenschaftlichen Werken folgt darauf noch die Jahreszahl der Erstbeschreibung. Der vollständige Name der Malermuschel lautet z. B. demnach *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758). Auf Beschreibernamen und Jahreszahlen der Beschreibung haben wir in diesem Buch, das sich in erster Linie an Laien wendet, aus pragmatischen Gründen verzichtet, sie sind den empfohlenen Bestimmungswerken zu entnehmen. Ist nur die Gattung eines bestimmten Organismus bekannt, so steht z. B. *Unio* sp. (sp. für species = Art). Unterscheidbare Populationen einer Art werden oft als Unterarten (ssp. für Subspezies) betrachtet. Sie erhalten einen dreiteiligen Namen (z. B. *Ranunculus peltatus* ssp. *baudotii*). Schwer unterscheidbare Arten, zwischen denen es gelegentlich Genfluss gibt, werden vor allem in der Botanik zuweilen als Sammelart (Aggregat, agg.) zusammengefasst, z. B. *Callitriche palustris* agg. Der Hinweis s.l. (sensu lato = im weiteren Sinne) wird gerne verwendet, wenn man es mit nächstverwandten, schwer unterscheidbaren Arten zu tun hat oder wenn vermutet wird, dass sich unter einem Namen mehrere Arten verbergen. Die nach ihrer stammesgeschichtlichen Abkunft nächstverwandten Arten werden zu umfassenderen Gruppen (**Taxa**; Einzahl: Taxon) zusammengefasst, denen man aus praktischen Gründen einen unterschiedlichen systematischen Rang (systematische Kategorie) gibt: Das Taxon Muscheln hat z. B. den Rang „Klasse“. Es gehört zusammen mit Schnecken, Tintenfischen und anderen zum Stamm der Weichtiere. Vom höchsten zum niedrigsten Rang geordnet, lautet die Reihenfolge der systematischen Kategorien: **Stamm, Klasse, Ordnung, Familie, Gattung, Art**. Bei den Tieren werden die

Einleitung

Taxa oberhalb der Familie (Endung „-idae“) oft uneinheitlich verwendet. Die systematischen Kategorien gehen ebenfalls auf Linné zurück, der entdeckte, dass man die Lebewesen in ein hierarchisches System einordnen kann. Die Bedeutung der Kategorien liegt aber einzig darin, die relative Stellung in dem System zu kennzeichnen, verbindliche Kriterien für die Vergabe gibt es nicht, ausgenommen die Kategorie „Art“ (festgelegt durch Fortpflanzungsbeziehungen). Einige Gruppennamen, wie „Turbellaria“, „Reptilia“ und „Pisces“, stehen in diesem Buch in Anführungszeichen. Sie stellen keine geschlossenen Verwandtschaftsgruppen dar, da eine Teilgruppe ausgeschlossen wurde (bei den „Reptilia“ etwa sind es die Vögel). Die wissenschaftlichen Namen der vorgestellten Pflanzen richten sich nach WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998). Für die wissenschaftlichen Namen der Tierarten war in den meisten Fällen die Internet-Datenbank der Fauna Europaea (DE JONG et al. 2014) maßgebend.

PRAKTISCHE HINWEISE

Viele der in diesem Buch vorgestellten Tiere lassen sich im Freien mit einfachsten Hilfsmitteln beobachten und zumindest auf höherer systematischer Ebene bestimmen. Einige Tiere wird man aus dem Wasser fangen müssen. Die Ausrüstung hierfür ist denkbar einfach. Zum Keschern benötigt man ein Wassernetz, das einen starken Bügel aus Metall hat, damit es sich beim schnellen Durchstreifen des Wassers nicht verbiegt. Um Tiere am Gewässerboden aufstöbern zu können, ist es günstig, wenn der Netzbügel eine gerade Seite hat; in Gewässern mit oft geringer Wasserführung (z. B. Quellen, Moore) haben sich auch Kescher mit runden Öffnungen bewährt. Der Netzbeutel soll 30–40 Zentimeter lang sein und aus widerstandsfähigem, gut wasser-durchlässigem Stoff bestehen (Nylon, Straminstoff; zirka ein Millimeter Maschenwei-

te). Auch ein Küchensieb aus Plastik eignet sich, wenn man nichts anderes zur Verfügung hat. Aus sehr seichtem Wasser, am Uferrand oder aus Pfützen fängt man die Tiere am besten einzeln mit einem Löffel, der Hand oder einer Pinzette; sehr kleine Tiere saugt man mit einer Pipette auf. Zum Ergreifen von Insekten und kleinen Muscheln und Schnecken eignet sich am besten eine Federstahlpinzette, die sehr nachgiebig ist und die Tiere nicht verletzt. Zur Untersuchung des Bodenschlammes kann man sich mit einem Haushaltssieb behelfen. Mit einem Kescher (oder Sieb) gewonnene Schlammproben müssen gründlich ausgewaschen werden (durch Schwenken des Keschers im freien Wasser oder durch intensives Spülen mit klarem Wasser), da einem sonst die vorhandenen Tiere verborgen bleiben. Planktonkrebsechen werden am besten mit einem Planktonnetz gefangen. Im Fließgewässer gilt es v. a., Steine herauszunehmen und genau abzusuchen und ggf. unter Beobachtung vorsichtig abzubürsten, besonders die Unterseite. Nach der Untersuchung sind die Steine möglichst wieder an ihre alte Stelle zurückzusetzen. Gute Ergebnisse liefert auch das Absuchen von im Wasser liegenden Ästen, von Brückenpfeilern und Wasserpflanzenbüscheln. Zum Beobachten vor Ort haben sich flache, weiße Plastikschaalen bewährt sowie Gläser und durchsichtige Plastik- oder Glasbehälter. Die Tiere werden mit einer Federstahlpinzette oder einem Löffel in die Beobachtungsschale überführt. Weichhäutige Tiere (z. B. Eintagsfliegenlarven) löst man mit einem feinen Pinsel vorsichtig vom Untergrund ab und setzt sie dann in ein mit Wasser gefülltes Gefäß. Um die Tiere und Pflanzen vor Ort anzusprechen, reicht eine 10-fach vergrößernde Taschenlupe aus, besser ist noch eine kleine, transportable Stereolupe (Binokular). Es empfiehlt sich, ein Taschenfernglas mitzunehmen, um etwa Libellen aus der Ferne bestimmen und beobachten zu können. Um-



Bild 1. Gummistiefel, ein Kescher und ein Eimer: Mehr braucht es nicht, um eine Vielzahl interessanter Süßwassertiere zu entdecken. Besonders Kinder sind damit sehr schnell zu begeistern.

gekehrt benutzte Ferngläser eignen sich zudem als behelfsmäßige Lupe.

Einige Tiere wird man zur Beobachtung, Bestimmung und zum Fotografieren vorübergehend mit nach Hause nehmen wollen. Hierbei sollten nie zu viele Tiere in einem Gefäß sein und räuberische Arten stets einzeln transportiert werden. Das Wasser ist fast vollständig abzugießen. Am besten ist es, die Tiere auf feuchtes Moos oder Wasserpflanzen zu setzen. Die Gefäße dürfen nicht fest verschlossen sein, am besten werden sie mit einem Gazestück überspannt. Bachbewohner sind auf kaltes, sauerstoffreiches und fließendes Wasser angewiesen, sodass man sie am besten nur vor Ort untersucht. Besitzt man ein Aquarium, das ihren hohen Ansprüchen genügt, so müssen die Tiere in einem Thermosgefäß oder einer Kühltasche transportiert werden.

Unbedingt sollte ein Notizbuch mit wasserfestem Einband in Taschengröße zum Eintragen von Beobachtungen mit Bleistift

mitgeführt werden. Sich auf sein Gedächtnis zu verlassen und die Aufzeichnungen zu Hause nachzuholen, führt selten zu brauchbaren Ergebnissen. Auch ist es sinnvoll, einen mit Bleistift beschrifteten Zettel in das Transportgefäß zu legen, um unterschiedliche Aufsammlungsorte nicht durcheinanderzubringen. Untersucht man ein Gewässer näher, werden alle Eigentümlichkeiten vermerkt, wie etwa Gefälle, Wasserströmung, Bodenbeschaffenheit, Uferbewuchs, Wassertemperatur und Wasserfarbe.

Man glaube nicht, es sei schon alles erforscht. Vom Vorkommen mancher Artengruppen und selbst von der Lebensweise der meisten Süßwassertiere ist noch so vieles unbekannt, dass Generationen von Forschern Arbeit haben werden. Jeder Naturfreund kann hier durch geduldige Beobachtung und gewissenhafte Aufzeichnung Wertvolles für seinen persönlichen Erkenntnisgewinn, aber auch für die Wissenschaft leisten!

Wasser als Lebensraum

DER WASSERKREISLAUF

Der letztlich von der Sonne angetriebene Wasserkreislauf ist die Grundlage für die Existenz der Süßwasser-Lebensräume. In Mitteleuropa fallen im Jahresdurchschnitt etwa 800 Millimeter Niederschlag pro Quadratmeter. Ein Teil versickert in den Boden, ein Teil wird im Hochgebirge als Schnee festgelegt, doch der Großteil verdunstet an den Oberflächen der Meere und des Festlands. Der Wasserdampf steigt in die Höhe, kühlt sich ab und verdichtet sich zu Wolken. Aus diesen erfolgen bei weiterer Abkühlung wieder die Niederschläge.

Folgende Faustregel gilt für Mitteleuropa: *Vier Achtel* des Gesamtniederschlags (Regen, Schnee, Hagel, Tau, Reif) verdunsten. Ein Teil hiervon erreicht den Boden gar nicht, sondern verdunstet direkt von den Blattoberflächen der Pflanzen, besonders der Waldbäume (Interzeption). Ein anderer Teil verdunstet vom Erdboden, von Straßen, Hausdächern und dergleichen. Ein letzter Teil dieser vier Achtel sickert in die oberen Bodenschichten ein, wird von den Wurzeln der Pflanzen aufgesaugt und schließlich ebenfalls von den oberirdischen Pflanzenteilen verdunstet (Transpiration).

Drei Achtel der Gesamtniederschläge fließen durch oberirdische Gewässer zum Meer, aus dem sie ebenfalls wieder verdunsten. *Ein Achtel* des Gesamtniederschlags sickert zum Grundwasser ab und gelangt nach unterschiedlich langer Zeit auf verschiedene Weise wieder an die Oberfläche, z. B. durch Quellaustritte.

PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE EIGENSCHAFTEN

Das Süßwasser hat einige physikalische Eigenschaften, die für viele Süßwassertiere lebenswichtig sind.

Die Wassermoleküle – in physikalischer Hinsicht Dipole mit positiver (H-Atome) und negativer (O-Atom) Ladung – werden durch

elektrische Kräfte zusammengehalten (Wasserstoffbrückenbindungen).

Diese Anziehungskräfte bewirken die **Oberflächenspannung** und lassen an der Wasseroberfläche eine mikroskopisch dünne, elastische „Haut“ entstehen. Sie trägt z. B. die Wasserlinsen und ermöglicht dem Wasserläufer, auf der Wasseroberfläche zu laufen. Die Oberflächenspannung bzw. die Kohäsion der Wassermoleküle erlaubt es auch zahlreichen Wasserinsekten, ihren Körper zu stabilisieren, wenn sie mit ihren unbenetzbaren Atemstrukturen die Oberfläche durchstoßen und atmosphärische Luft aufnehmen (S. 133). Die Oberflächenspannung sinkt mit der Temperatur und kann durch Zugabe von Tensiden (z. B. Waschmittel) herabgesetzt werden.

Die Dipoleigenschaften des Wassers machen sich auch in der Dichte des Wassers bemerkbar, die bei 4°C ihren Maximalwert hat. Ein Liter wiegt dann genau ein Kilogramm. Eis hat bei 0°C (Gefrierpunkt) nur eine **Dichte** von 0,917. Diese Dichteverhältnisse sind dadurch bedingt, dass die Wassermoleküle im Eis in einer voluminösen Kristallgitter-Ordnung vorliegen. Bei Erwärmung bis auf 4°C wird diese Ordnung zunehmend aufgelöst, was eine zunehmend dichtere Zusammenlagerung der Wassermoleküle ermöglicht (**Dichteanomalie**). Bei höheren Temperaturen nimmt die Dichte des Wassers wieder ab, weil die das Volumen erhöhende Wärmebewegung der Moleküle zunimmt. Deshalb frieren die Gewässer von der Oberfläche her zu, und da auch das Tiefenwasser sehr tiefer Seen nie kälter als 4°C werden kann, frieren nur ganz flache stehende Gewässer in sehr kalten Wintern bis zum Boden durch. Außerdem ist Eis ein schlechter Wärmeleiter, wodurch nur wenig Wärme durch die geschlossene Eisdecke nach außen dringt. Unter normalen Verhältnissen können die Wasserpflanzen und -tiere deshalb die kalte Jahreszeit unter der schützenden Eisdecke gut überstehen.

Wasser erwärmt sich durch die Sonneneinstrahlung viel langsamer als Luft, kühlt sich

aber auch wieder langsamer ab. Die Wasserorganismen sind deshalb bedeutend geringeren Temperaturschwankungen ausgesetzt als die Landbewohner. Eine weitere fundamentale Eigenschaft des Wassers ist seine durch die innere Reibung in der Flüssigkeit hervorgerufene Zähigkeit (Viskosität), gegen die ein sich im ruhenden Wasser bewegnender Organismus arbeiten muss. Bedeutsam ist, dass sich die Zähigkeit gegenüber den Trägheitskräften umso stärker bemerkbar macht, je kleiner die Organismen sind. Diese können deshalb als Plankton im ruhenden Wasser gleichsam schweben (S. 31, 34).

Die **Temperatur** der Gewässer ist für das Vorkommen von Tieren von entscheidender Bedeutung. Wir unterscheiden solche Tiere, die große Temperaturschwankungen vertragen (eurhythme Tiere), von solchen, die nur geringe Temperaturschwankungen aushalten (stenotherme Tiere). Kaltstenotherme Tiere kommen in unserem Klima v. a. in Hochgebirgsbächen und den Oberläufen der Mittelgebirgsbäche vor.

Die Temperatur hat bei Wechselwarmen unmittelbare Folgen für den Stoffwechsel: Die **Van't Hoff'sche Regel** (auch Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur- oder RGT-Regel) besagt, dass die Geschwindigkeit der chemischen Reaktionen bei mittleren Temperaturen verdoppelt bis verdreifacht wird, wenn sich die Temperatur um 10°C erhöht. Sie gilt auch für die Lebensvorgänge im Körper der Süßwassertiere. Wie bereits LILIES (1952) festgestellt hat, erfolgt z. B. die Entwicklung der Eintagsfliegenlarven in Abhängigkeit von der Wassertemperatur. Sinkt die Temperatur im Herbst auf einen bestimmten Wert – er liegt bei den einzelnen Arten verschieden tief, zwischen 10 und 5°C –, so stellen die Larven jegliches Wachstum ein und überwintern in der bis dahin erreichten Größe. Diese kritische Temperatur nennt man den Entwicklungsnullpunkt. Erst bei steigender Temperatur im Frühjahr beginnt das Wachstum der Larven wieder.

Die meisten Insektenarten benötigen zur Entwicklung vom Ei zum geschlechtsreifen Adulttier eine bestimmte Wärmesumme. Im kälteren Oberlauf eines Mittelgebirgsbachs steht eine geringere jährliche Gesamtwärmemenge zur Verfügung als im Mittellauf mit seiner im Sommer bereits größeren Erwärmung. Dementsprechend hat z. B. die Eintagsfliege *Ecdyonurus venosus* im Mittellauf eine einjährige Entwicklung, im Oberlauf des gleichen Bachs jedoch eine zweijährige.

Die **chemische Zusammensetzung** des Wassers vom Menschen unbeeinflusster Gewässer wird allein vom geologischen Untergrund bestimmt. Von großer Bedeutung sind die im Wasser gelösten Salze des Kalziums, des Magnesiums und der Kieselsäure. Die Kalziummengen entscheiden über die sogenannte **Härte** des Wassers. Sie wird in Deutschen Härtegraden (°dH) angegeben. 1 mmol/l Erdalkali-Ionen (Kalzium- und Magnesium-Ionen) entspricht 5,6°dH. Trinkwasser von <8,4°dH gilt als weich, von 8,4–14°dH als mittelhart und von >14°dH als hart.



Bild 2. Durch Ablagerung von Eisenocker weitgehend verödeter Wiesenbach.

Wasser als Lebensraum

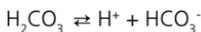
Manche Wasserpflanzenarten bevorzugen weicheres, andere kalkreicheres Wasser (vgl. S. 76, 86). Viele Wassertiere benötigen Kalzium zur Bildung ihrer Außenskelette (Krebse) und Schalen (Schnecken und Muscheln). Das Skelett der Kieselalgen, die vielen wirbellosen Tieren als Nahrung dienen, ist hauptsächlich aus Kieselsäure aufgebaut. Ein höherer Gehalt an Eisenverbindungen (z. B. Eisennocker) ist für Pflanzen und Tiere lebensfeindlich (S. 15, Bild 2).

Der **Säuregehalt** des Wassers kommt in seiner Wasserstoffionenkonzentration, dem pH-Wert, zum Ausdruck. Wasser mit dem pH-Wert 7 ist neutral, unter 7 ist es sauer, über 7 ist es alkalisch. Der pH-Wert der mitteleuropäischen, nicht verunreinigten Gewässer schwankt um pH 7. Dies ist auch der Vorzugswert der meisten Organismen. Von großer Bedeutung ist die Fähigkeit des Wassers, **Sauerstoff** und **Kohlendioxid** zu lösen. Die Löslichkeit beider Gase ist in starkem Maße temperaturabhängig – die Löslichkeit sinkt stark mit steigender Temperatur (vgl. SCHWORBEL & BRENDENBERGER 2013). Beides sind lebenswichtige Gase, die in einem Kreislaufprozess miteinander verbunden sind: Die chlorophyllhaltigen Algen und Höheren Wasserpflanzen brauchen Kohlendioxid, um mit ihm auf dem Wege der Fotosynthese organische Stoffe aufzubauen (Kohlenstoffassimilation), wobei Sauerstoff freigesetzt wird. Sie selbst, alle Tiere und die aeroben Bakterien benötigen Sauerstoff zur Atmung, bei der wiederum Kohlendioxid entsteht.

Die Besonderheit an **Kohlendioxid** ist, dass es nicht nur physikalisch gelöst wird, sondern dass ein kleiner Teil davon (etwa 0,1%) mit dem Wasser reagiert, wobei Kohlensäure (H_2CO_3) entsteht:



Die Kohlensäure kann in zwei Schritten dissoziieren:

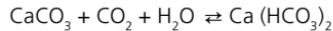


und weiter zu



Hierbei zeigt sich eine starke pH-Abhängigkeit: Bei $\text{pH} < 4$ ist in 25°C warmem Wasser nur CO_2 gelöst, bei 7 bis 10 fast nur HCO_3^- ; bei $\text{pH} > 10$ fast nur CO_3^{2-} .

Von großer ökologischer Bedeutung ist, dass kohlendioxidhaltiges Wasser das praktisch unlösliche Kalziumkarbonat (Kalkstein) in gelöstes Kalziumhydrogenkarbonat überführt, wobei beide in einem Gleichgewicht stehen:



Das in fester Form unbekanntere Kalziumhydrogenkarbonat (kohlenwasser Kalk) stellt als „gebundene Kohlensäure“ eine CO_2 -Reserve für die Fotosynthese dar, aber nur dann, wenn überschüssiges Kohlendioxid vorhanden ist. Bei Entzug von CO_2 verschiebt sich das Gleichgewicht auf die linke Seite. Dies ist der Fall, wenn CO_2 durch Fotosynthese assimiliert wird. In kalkreichen Gewässern ist daher oft eine **biogene Entkalkung** zu beobachten. Auch beim Austritt kohlendioxidübersättigten Wassers in kalkreichen Gebieten kann es infolge einer CO_2 -Abgabe an die Atmosphäre zur Ablagerung von Kalziumkarbonat kommen

(**chemische Entkalkung**). Die Aufnahmefähigkeit von **Sauerstoff** wird im Wesentlichen nur von der Temperatur bestimmt. Bei 0°C und einem Norm-Luftdruck von 1013,25 hPa (760 mm Quecksilbersäule) werden $9,7\text{cm}^3$ Sauerstoff, bei 25°C nur $5,7\text{cm}^3$ Sauerstoff in einem Liter Wasser gelöst. Dies spielt angesichts der Belastung vieler Gewässer mit organischen, bei der Zersetzung Sauerstoff zehrenden Stoffen und der Wassernutzung zu Kühlzwecken eine wichtige Rolle für die Wasserorganismen (S. 50, 52). Hinzu kommt, dass deren Sauerstoffbedarf wegen des bei hohen Temperaturen erhöhten Stoffwechsels (s. o.) ansteigt.

Da die Diffusion der Gase im Wasser sehr langsam ist, führen über Kiemen oder ihre Körperoberfläche atmende Tiere bei Sauerstoffmangel Ventilationsbewegungen durch, um in den Genuss noch „unverbrauchten“ Wassers zu kommen.

Gewässertypen in Mitteleuropa

GRUNDWASSER

Das Grundwasser füllt die Spalten der Schotter- und Kiesschichten, die Gesteinsklüfte, bedeckt in vielen Gebirgshöhlen den Boden, sammelt sich aber auch in riesigen unterirdischen Becken und fließt in oft kilometerbreiten Strömen tief unter der Bodenoberfläche dahin, der Neigung wasserundurchlässiger Schichten folgend. Der wichtigste Unterschied gegenüber den oberirdischen Gewässern ist die völlige Finsternis im Grundwasserraum. Deshalb fehlen grüne Pflanzen und damit die von anderen Lebewesen unabhängige Erzeugung organischer Stoffe.

Bakterien und Pilze, die die Grundwasserräume besiedeln und kein Tageslicht zum Leben benötigen, ernähren sich im Allgemeinen von den feinsten Teilchen zersetzter Tier- und Pflanzenreste (Detritus), die andauernd mit dem Sickerwasser in das Grundwasser hinuntergespült werden. In manchen Höhlen und Bergwerksstollen spielen vermoderndes Holz und der Kot von Fledermäusen eine zusätzliche Rolle. Detritus, Bakterien und Pilze sind auch die Nahrungsquellen der Grundwassertiere, soweit sie nicht räuberisch leben.

Ein weiteres wichtiges Merkmal der unterirdischen Gewässer ist der fehlende Einfluss der Jahreszeiten. Die Wassertemperatur schwankt lediglich zwischen 8 und 10°C. Der Sauerstoffgehalt ist fast immer sehr gering, die Sauerstoffsättigung beträgt meist nur sehr wenige Prozent.

Den besonderen Eigenschaften der unterirdischen Gewässer sind ihre Bewohner aus der Tierwelt bestens angepasst. So sind die im engporigen Lückensystem lebenden Arten meist klein und von länglicher Gestalt. Sie benötigen gleichmäßig kühles Wasser, sie sind farblos, Körperhaut und Panzer sind mehr oder weniger durchscheinend. In Anpassung an die ständige Dunkelheit sind die Augen meist verkümmert oder sogar ganz zurückgebildet. Dafür sind Geschmacks-

und Tastorgane wie Fühler und Borsten meist besser ausgebildet als bei verwandten, in oberirdischen Gewässern lebenden Arten. Da es in den unterirdischen Gewässern keine Jahreszeiten gibt, besitzen viele Grundwassertiere wohl auch keine ausgeprägten Fortpflanzungszeiten.

Die echten Grundwassertiere (Trogl- oder Stygobionten) gehören verschiedenen systematischen Gruppen an. Gut vertreten sind Strudelwürmer, hauptsächlich Arten der Gattung *Dendrocoelum* und andere kleinere Arten („Microturbellaria“), weiterhin Ruderfußkrebse, Wasserasseln und Flohkrebse. Seltener sind Arten von Ringelwürmern, Schnecken, bestimmten Wassermilben (Halacaridae) und Muschelkrebsen. Von Wasserinsekten kennen wir nur ein paar blinde Schwimmkäfer. Auch in Quellen (S. 18f.) treten gelegentlich echte Grundwassertiere, z.B. Flohkrebse der Gattung *Niphargus* (S. 210/4), in größeren Zahlen auf. Manche Tiere führen sogar tagesperiodische Wanderungen zwischen dem Grund- und dem Quellwasser durch.

Nach derzeitigem Kenntnisstand stammt die Tierwelt des Grundwassers von oberirdischen Arten ab, die, z. T. vor vielen Zehntausend Jahren, in die unterirdischen Gewässer eingewandert sind. Es mag sich dabei um lichtscheue Arten gehandelt haben, wie man sie ja auch heute z. B. unter den Steinen und dem Genist schattiger Waldbäche findet. Oder es handelte sich um Tiere, denen die Temperaturen bei der fortschreitenden Vereisung großer Teile Mitteleuropas zu niedrig geworden waren, oder umgekehrt um solche, denen nach dem Ende der Eiszeiten die oberirdischen Gewässer wegen ihrer zunehmenden Erwärmung nicht mehr zugesagt haben. Wir haben in diesen Fällen also Relikte aus der Tertiär- (Paläogen und Neogen) bzw. Quartärzeit vor uns. Außerdem wird eine parallele Einwanderung aus dem Meer durch das salzige Grundwasser bis hin in das süße Grundwasser vermutet.

Gewässertypen in Mitteleuropa

QUELLEN UND FLIESSGEWÄSSER

Quellen

Dort, wo Grundwasser stauende Bodenschichten sich mit der Erdoberfläche schneiden, wo Spalten und Höhlungen des Gesteins sich nach außen öffnen, tritt das Grundwasser als Quelle ans Tageslicht. Man unterscheidet Sturz- oder Sprudelquellen (Rheokrenen, Bild 3), Teichquellen (Limnokrenen, Bild 5; früher oftmals fälschlicherweise als „Tümpelquelle“ bezeichnet) und Sicker- oder Sumpfquellen (Helokrenen). Bei den besonders im Bergland häufigen **Sturzquellen** strömt das Wasser sofort und schnell talwärts. Bei den **Teichquellen** liegt der Quellmund am Grund einer mehr oder weniger tiefen Mulde des Quellteiches, über dessen Rand der Quellbach abfließt. Sicker- oder **Sumpfquellen** treffen wir v. a. im Flach- und Hügelland an. Das Wasser durchtränkt – aufgelöst in zahlreiche kleine Adern – den Oberboden. So entsteht ein Quellsumpf, in den nur

kleine offene Wasserflächen eingestreut sind.

In vielen Fällen sind in der Landschaft jedoch Quellen vorhanden, die keinem dieser Idealtypen entsprechen. Auch sind oft nicht klar voneinander abgrenzbare Einzelquellen anzutreffen, sondern flächige Bereiche aus vielen Quellaustritten.

Die umgebende Landschaft hat tiefgreifenden Einfluss auf die Eigenschaften der Quellen: Waldquellen sind z. B. fast immer beschattet, Wiesenquellen, die oft in extensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen auftreten, besonnt.

So vielgestaltig Quellen aber auch sind, ihnen gemeinsam ist die meist geringe Schwankungsbreite ihrer Wassertemperatur im Jahreslauf (nur wenige Grad Celsius), der geringe Sauerstoffgehalt des Quellwassers und dessen Armut an pflanzlicher Nahrung. Darin zeigt sich sehr deutlich seine Herkunft aus dem Grundwasser. Sind die Quellwässer reich an kohlenausem Kalk, bilden sich oft Sinterbänke: Manche Moose (S. 76) und Algen sowie Wasserpflanzen



Bild 3. Quellen-„Prototyp“: die Sturzquelle (Rheokrene) mit schlagartig zu Tal stürzendem Wasser.



Bild 4. Überrieselte Felsen beherbergen eine eigene Fauna, die sogenannte „Fauna hygropetrica“.



Bild 5. In einer Teichquelle (Limnokrene) sammelt sich das Wasser vor dem oberflächlichen Abfluss.

entziehen bei ihrer Assimilationstätigkeit dem Wasser Kohlendioxid, sodass sich das Kalziumkarbonat an der Unterseite der Pflanzen niederschlägt und immer höhere Schichten bildet. Die Sintersteine bieten Quelltieren in ihren Nischen und Höhlungen Unterschlupf. Die seltenen, sogenannten Kalktuffquellen gehören nach der FFH-Richtlinie (S. 59) zu den prioritär geschützten Lebensraumtypen.

Vor allem in Norddeutschland enthält das Wasser vieler Quellen beträchtliche Mengen von Eisenhydrogenkarbonat, das sich unter Mitwirkung von Eisenbakterien in orangefelben Eisenhydroxidflocken abscheidet und so mitunter das ganze Quellgebiet überzieht (Eisenocker, S. 15, Bild 2). Die typischen Quellbewohner (Krenobionten) treten ausschließlich im Bereich des Quellmundes, dem Eukrenal, auf. Sie sind im Vergleich zu ihren Verwandten oft recht klein (z. B. die Strudelwürmer *Crenobia alpina* und *Polycelis felina* sowie die winzigen Quellschnecken der Gattung *Bythinella*). Daneben gibt es in Quellen Arten, die auch im anschließenden Quellbach zu finden sind (Krenophile). In anthropogen geschä-

digten Quellen können zudem Arten häufig sein, die in unbeeinträchtigten Quellen nur vereinzelt vorkommen (Krenoxene). Einige Arten haben als Grenzgänger eine unterschiedlich starke Bindung an das Quellwasser und das terrestrische Umfeld. Unbedingt benötigen sie jedoch hohe Feuchtigkeit.

So sind an Stellen, wo Sturzquellen an steilen Felswänden austreten, viele Felsen von einer nur wenige Millimeter mächtigen Wasserschicht überrieselt (Bild 4). Diese **überrieselten Felsen** stellen einen besonderen Lebensraum dar, gekennzeichnet durch hohen Sauerstoffgehalt, starke Temperaturschwankungen, stetige Wasserbewegung und durch die zähe Spannung des Oberflächenhäutchens. Grüne oder schwärzliche Algenteppeiche überziehen die Felsen. Typische Bewohner sind unter anderem die U-förmig gebogenen Larven der Tastermücken (Dixidae) und die Larven der Dunkelmücken (z. B. *Thaumalea testacea*). Sie bewegen sich mit seitlichen Körperkrümmungen im Wasserfilm. Zusammen mit den Larven einiger Zuckmücken-, Waffen- und Köcherfliegenarten bilden sie die „Fauna hygropetrica“, die „Tierwelt feuchter Felsen“.

Gewässertypen in Mitteleuropa

Thermalquellen kommen aus großen Tiefen des warmen Erdinnern. Ihre Wassertemperatur liegt daher stets über der Jahresdurchschnittstemperatur der betreffenden Landschaft, meist Gebieten tektonischer Bruchzonen und tätiger oder erloschener Vulkane. Thermalwässer sind gewöhnlich sehr sauerstoffarm, jedoch reich an anderen gelösten Gasen und Salzen. Eine charakteristische Lebensgemeinschaft stellt sich erst über etwa 40°C ein. Einige Arten von Cyanobakterien („Blualgen“) vertragen Temperaturen von über 40°C. Am widerstandsfähigsten sind verschiedene Rädertiere und Einzeller; aber auch verschiedene Wasserschnecken finden sich noch bei bis zu 53°C.

Ein weiterer, sehr seltener Quelltyp sind die kalt temperierten **Salz- oder Solequellen**, die einen Salzgehalt von 10g/l oder mehr aufweisen können (vgl. S. 46). Auch bei ihnen stammt das Grundwasser meist aus großen Tiefen und durchläuft bei seiner Passage an die Oberfläche salzhaltige Gesteine.

Ein letzter im Zusammenhang mit Quellen zu nennender Gewässertyp sind die **Quellmoore**. Ihre Fauna scheint ähnlich derjenigen der „normalen“ Quellfauna zusammengesetzt zu sein (LAUTERBORNIA 2006). Dies unterscheidet sie von den Hochmooren, die sich auch vegetationskundlich von ihnen absetzen (S. 43ff.).

Der Bach

Durch die Vereinigung mehrerer Quellrinnale entsteht der Bach. In besonderen Fällen kann er auch einem See entspringen und hat dann oft eine Fauna, die der der Flüsse ähnelt. Doch auch sonst weisen Bäche je nach Landschaft und Relief in vielerlei Hinsicht große Unterschiede auf, wenn man etwa einen Gletscherbach im Hochgebirge mit dem sich durch die Talau schlängelnden (mäandrierenden) Bach der Norddeutschen Tiefebene vergleicht, oder einen Bach des Kalkgebirges mit dem, des-

sen Ursprung und Lauf im Urgestein liegt. Im Folgenden wird eine idealisierende Übersicht über die verschiedenen Bachtypen in einer hypothetischen höhenzonalen Abfolge vorgestellt. So lässt sich die Abfolge von Fließgewässerzonen mitsamt der sie kennzeichnenden Lebensbedingungen und Artengemeinschaften besonders deutlich machen.

Der Gletscherbach

Am Zungenende des Gletschers entspringt der Gletscherbach. Da der Hauptteil seines Wassers von den Schmelzwässern der Gletscheroberfläche stammt, schrumpft er während der kalten Jahreszeit oft bis zu einem schmalen Rinnsal. Während des Hochsommers aber quellen die Wassermassen immer reichlicher aus dem Gletschertor, zunächst milchig trüb, dann graugrün gefärbt, durch zahllose Gesteins- und Erdteilchen, die sie vom Schutt auf der Oberfläche und aus der Grundmoräne des Gletschers mitschwemmen. Zur Zeit der größten Wasserführung stürzt schmutzig braunes Wasser tosend zu Tal und rollt, schiebt oder stößt die Felsbrocken und den Sand des Bachgrunds talwärts. Keine Wasserpflanze kann hier Halt finden. Eiskalt ist das Wasser auch im Sommer. Beim Austritt aus dem Gletschertor misst man 0°C, und erst nach vielen Hundert bis mehreren Tausend Metern – das hängt von der Gestalt des Bachlaufs und des Tales ab – erreicht es eine Temperatur von etwa 5°C. Selbst in diesem unwirtlichen Gewässer ist ständiges tierisches Leben möglich (STEINBÖCK 1931). Eine regelmäßige Bewohnerin alpiner Gletscherbäche ist die fünf bis sechs Millimeter lange Larve der Gletscherzuckmücke (*Diamesa steinboeckii*). Sie hält sich vorzugsweise auf der Unterseite von flachen Felsstücken auf, wo sie weniger der Strömung ausgesetzt ist, und ernährt sich von den pflanzlichen Stoffen, die durch den Wind auf die Eisfläche geweht werden und mit dem Schmelzwasser in den Bach gelangen.

Der Hochgebirgsbach

Weiter unten, wo das Gefälle geringer wird und daher die Geschiebebewegung und auch der Schwebstoffgehalt nachlassen, ist das Wasser klarer. Hier beginnt die Region des Hochgebirgsbachs, wie er in ähnlicher Ausprägung aus den Quellen der Matten und Bergwälder der Hochgebirge über die Talflanken heruntersprudelt (Bild 6, 7). Seine Wasserführung ist zwar ebenfalls im späten Frühjahr und Sommer, wenn die Firn- und Schneefelder abschmelzen, am größten, aber viel ausgeglichener als die des Gletscherabflusses. Die Strömungsgeschwindigkeit beträgt häufig über 2,5 m/sec und sinkt selten auf kürzeren Strecken unter 1 m/sec ab. Das Bachbett befindet sich hier nicht in dauernder Umgestaltung wie im Gletscherbach.

Zwar setzt sich der größte Teil des Bachgrunds aus Steinen und Felsblöcken zusammen, aber dazwischen finden sich in Kolken, Buchten und an flacheren Stellen

kleine Sandbänke und Ablagerungen von feinstem Detritus. Viele Steine sind von grünen, gelben, braunen, sogar prächtig roten Algenflächen überzogen. In den Bächen der kalkarmen Urgebirge bedecken dichte Moosrasen die Felsen.

Die Wassertemperatur ist niedrig, ihre jährliche Schwankung gering: Sie erreicht im Oberlauf auch während der heißen Jahreszeit selten über 9 °C, bleibt in höheren Lagen oft beträchtlich darunter und beträgt im Winter etwa 2 °C. Infolge der großen Strömungsgeschwindigkeit friert der Hochgebirgsbach nicht einmal bei strengem Frost zu. Mögen sich hie und da auch dicke Schneebrücken von Ufer zu Ufer wölben, unter ihnen plätschert das eiskalte Wasser. Die innige Berührung des sprühenden Wassers mit der Luft, seine niedrige Temperatur sowie der nahezu völlige Mangel Sauerstoffzehrender Fäulnisprozesse bedingen den hohen Sauerstoffgehalt des Hochgebirgsbachs. Rund 100 % Sättigung ist die Regel.



Bild 6. Starkes Gefälle und starke Luftdurchmischung charakterisieren den Oberlauf eines Hochgebirgsbachs.

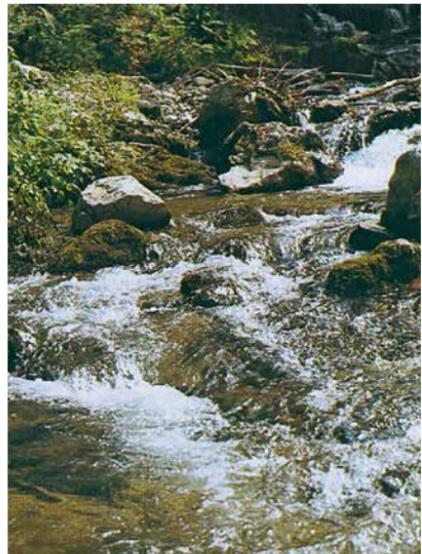


Bild 7. Mittellauf eines Hochgebirgsbachs. Zwischen den Felsbrocken liegen Zonen geringerer Strömung.

Gewässertypen in Mitteleuropa

So finden Tiere, die an gleichmäßig kühles, sauerstoffreiches Wasser gebunden sind (Kaltstenotherme, Polyoxibionte), im Bergbach geeignete Bedingungen. Um in deren Genuss zu kommen und die besonderen Lebensbedingungen zu nutzen, müssen sie eine Fülle von Anpassungen aufweisen, die gesondert vorgestellt werden (Exkurs S. 24). Der Einfluss der Jahreszeiten, der in stehenden Gewässern eine bedeutende Rolle für die Entwicklung der Lebenswelt spielt, ist in den gleichmäßig kühlen Gebirgsbächen viel weniger ausgeprägt. Bei Tieren, die ständig im Wasser leben, sind die Fortpflanzungszeiten häufig verwischt. Die Hauptwachstumsphasen liegen in den Wintermonaten. Die ausgewachsenen Larven zahlreicher Insektenarten (besonders ausgeprägt bei den Steinfliegen) schlüpfen im Frühling und paaren sich dann als geflügelte Vollinsekten. Daher beherbergt der Gebirgsbach im Hochsommer oft nur Eigelege und jüngste Larvenstadien von Insekten. Die größte Fülle tierischen Lebens enthält der Bach also im Winter.

Der Mittelgebirgsbach

Die vielfältigen Anpassungen der Bewohner des Hochgebirgsbachs an ihren Lebensraum sind auch bei vielen Tieren der Mittelgebirgsbäche zu beobachten (S. 24). Trotz mancher Ähnlichkeit ist der Mittelgebirgsbach ein Fließgewässer eigener Prägung. Nach der Fließgewässereinteilung der Fischereibiologen, die in den Bächen und Flüssen von der Quelle bis zur Mündung entsprechend dem jeweiligen Hauptnutz-fisch verschiedene Regionen unterscheiden, gehört der Mittelgebirgsbach der Forellenregion und bisweilen noch dem oberen Teil der Äschenregion an. Diese beiden Regionen werden, da sie sich eigentlich nur durch das Vorkommen oder Fehlen der Äsche unterscheiden, als **Salmonidenregion** (Salmoniden = Familie der forellenartigen Fische) zusammengefasst. Sie schließt an die fischfreie Quellregion, also die Quellen selbst

und ihre Abflüsse an. Quellregion und Salmonidenregion sind zwei klar umrissene, verschiedenartige Lebensräume. Man kann sie beide als Biotope 1. Ordnung bezeichnen.

Im Mittelgebirgsbach selbst lassen sich nach den jeweils herrschenden besonderen Umweltbedingungen und den diesen entsprechenden Lebensgemeinschaften drei Abschnitte unterscheiden: Ober-, Mittel- und Unterlauf (Biotope 2. Ordnung).

Zum **Oberlauf** haben sich meist schon mehrere Quellabflüsse vereinigt. Seine Wasserführung ist daher bereits größer, die meisten Steine des Bachbodens sind hier ständig von Wasser bedeckt, nur die größten Brocken ragen teilweise darüber hinaus. Stark strömende Strecken wechseln mit nahezu stagnierenden Gewässerteilen ab, entsprechend den Bodenverhältnissen und von außen einwirkenden Faktoren, seien es aufstauende Geniste aus Stämmen und Ästen besonders in waldigen Gebieten oder Veränderungen des Bachlaufs, etwa bei Wege- oder Straßenbaumaßnahmen.

Das ursprünglich gleichmäßig temperierte Quellwasser ist im Oberlauf schon längere Zeit den äußeren klimatischen Einwirkungen ausgesetzt, es erwärmt sich im Sommer mehr und kühlt sich im Winter stärker ab. Trotzdem ist die Jahresschwankung der Temperatur noch nicht allzu groß, der Oberlauf des Mittelgebirgsbachs ist noch für kaltstenotherme Tiere geeignet. Die Wasserführung hängt wesentlich von den jeweiligen geologischen Verhältnissen, von der Höhe und der zeitlichen Folge der Niederschläge und von der Vegetation des Einzugsgebietes ab. Bei Normalstand beträgt sie im Oberlauf von Bächen kalkreicher Gebiete, wie im Jura, durchschnittlich 10l/sec, in Oberläufen von Urgebirgsbächen 30–50l/sec. Bei Hochwasser, etwa wegen rasch einsetzender Schneeschmelze oder Starkregenereignissen, kann die Wasserführung aber auf das 5- bis 30-Fache anschwellen.



Bild 8. Mittelgebirgsbach: Auch hier gibt es ein Mosaik starker und schwacher Strömung. Die Steine des Bachbetts sind meist vom Wasser bedeckt.

Der Oberlauf friert nur selten zu und fällt unter natürlichen Verhältnissen nicht trocken. Das Bachbett wird ständig, bei Hochwasser in verstärktem Maße, umgestaltet. Zu den Blütenpflanzen gehörende Wasserpflanzen, etwa der Flutende Hahnenfuß, können in diesem Bachabschnitt, je nach den örtlichen Bedingungen (z. B. vorhandene oder fehlende Beschattung), völlig fehlen oder auch reich entwickelt sein.

Der Oberlauf erstreckt sich über den Bachabschnitt, in dem die jährliche Temperaturschwankung 10 °C nicht überschreitet (sommerkalter Bach).

Der sich bachabwärts anschließende **Mittellauf**, der etwa bis zu einer jährlichen Temperaturamplitude von 15 °C reicht, stellt sowohl nach seinen Eigenschaften als auch nach seiner Besiedlung einen Übergangsbereich zum nun folgenden **Unterlauf** dar. Dessen Wassertemperatur unterliegt nun schon beträchtlichen Schwankungen, seine Wasserführung ist bedeutend größer, die Strömungsgeschwindigkeit gleichmäßiger, das Bachbett wird nicht mehr so häufig umgestaltet.

Ober- und Unterlauf der Salmonidenregion sind durch besondere Lebensgemeinschaften und Leitformen gekennzeichnet. Charakterformen des Oberlaufs sind z. B. die Steinfliegenlarven *Isoperla rivulorum* und *Leuctra nigra*, die Köcherfliegenlarve *Lithax niger* sowie der Klauenkäfer *Limnius perrisi*. Leitformen des Mittelgebirgsbachunterlaufs sind z. B. die Eintagsfliegenlarve *Torleya major* sowie die Köcherfliegenlarven *Lepidostoma hirtum* und *Brachycentrus subnubilus*.

Der Niederungsbach

Am unteren Ende seines Unterlaufs kann der Mittelgebirgsbach in den Niederungsbach, also hinsichtlich der Fischregionen in die **Barbenregion** übergehen. Selbstverständlich gibt es aber Niederungsbäche, deren gesamter Lauf ab der Quelle im Tiefland liegt. Im Niederungsbach ist die Wasserführung bedeutend gleichmäßiger. Nur die stärksten Hochwasser verändern das Bachbett durch Uferabbrüche und Verlagerung von Schlamm- und Sandbänken in höherem Maße.

EXKURS: ANPASSUNGEN DER ORGANISMEN AN DAS FLIESENDE WASSER

Bewohner der Fließgewässer müssen Anpassungen an den prägenden Faktor Strömung aufweisen, sonst würden sie talabwärts geschwemmt. Dies gilt v. a. für Tiere der Hochgebirgs- und Bergbäche mit reißender Strömung. STEINMANN hat bereits 1908 die **Abflachung des Körpers** als eines der Hauptmerkmale der bodenlebenden Tiere rasch fließender Gewässer (Torrentikole) angesehen. Die flache Gestalt bietet dem Wasser weniger Widerstand, besonders wenn vorspringende Körperfortsätze fehlen und z. B. durch Haarsäume und Chitinlamellen für einen allseitig guten Randschluss gesorgt ist.

Ohne Zweifel handelt es sich um eine Anpassung an das Leben im Bergbach. Bei torrentikolen Eintagsfliegenlarven (*Rhithrogena*, *Epeorus*, *Ecdyonurus*, *Heptagenia*, S. 216) ist der schildartige Kopf an den Rändern verbreitert, sodass die Augen auf dem Scheitelrücken sitzen. Die am Hinterleib sitzenden Tracheenkiemen sind blattartig groß und vergrößern die Auflagefläche. Außerdem sind bei ihnen und den torrentikolen Steinfliegenlarven die aus flachen Einzelgliedern bestehenden Beine nicht wie bei verwandten Arten stehender Gewässer auf der Bauchseite des Körpers eingelenkt, sondern an den Seitenrändern und stehen auch seitlich ab. So bleibt der Körper während der Fortbewegung, die eher ein Rutschen als ein Schreiten ist, eng an die Unterlage gepresst. Worin genau der Anpassungswert der Abplattung liegt, wurde in der Literatur kontrovers diskutiert. Lange galt die Theorie von STEINMANN, dass die flache Gestalt nicht alleine den Widerstand vermindert, sondern die Wirkung hat, dass die Tiere von der Strömung auf den Untergrund gepresst werden.

Als man entdeckte, dass sich an der Oberfläche umströmter Flächen eine Grenzschicht ausbildet, in der die Strömung in feinen parallelen Schichten (laminar) und zum Untergrund hin

mit zunehmend verminderter Fließgeschwindigkeit fließt, während es im darüber fließenden, viel rascheren Wasser zu Verwirbelungen (Turbulenzen) kommt, wurde von AMBÜHL (1959) auf der Grundlage von Experimenten mit einer Fließwasserrinne die Vorstellung vertreten, dass die Abflachung dazu dient, in der strömungsarmen Grenzschicht zu leben. Tatsächlich drücken sich Eintagsfliegenlarven mit zunehmender Fließgeschwindigkeit und damit abnehmender Grenzschicht stärker an die Unterlage. Neuere Techniken ermöglichten eine genauere Betrachtung der Strömungsverhältnisse an den Aufenthaltsorten der Tiere, die sich weit differenzierter darstellen. Demnach ist die strömungsreduzierte Grenzschicht dünner als anfangs vermutet und sie bildet auch kein Kontinuum. Grenzschichten lösen sich am Gewässerboden vielmehr immer wieder auf und werden neu gebildet (SCHWOEBEL & BRENDLBERGER 2013). Abgeplattete Tiere kommen damit nicht automatisch in den Genuss der strömungsarmen Grenzschicht, sie können in turbulenter Strömung sogar (entgegen der alten Steinmann'schen Vorstellung) besonders gut durch entstehende Auftriebskräfte fortgerissen werden. Wahrscheinlich stellt die Körperform also einen Kompromiss zwischen verschiedenen Erfordernissen dar. Auch dem **Verhalten** kommt eine wichtige Rolle zu. Torrentikole *Epeorus*-Larven halten sich tagsüber auf der Unterseite von Steinen auf, wo sie dank ihrer flachen Körper gut Spalt-räume aufsuchen können und besser vor optisch orientierten Fressfeinden (v. a. Fische) geschützt sind. Bei einsetzender Dämmerung wandern sie dann auf die stark strömungsexponierte Oberseite der Steine im Bachbett (STATZNER & HOLM 1982). Würde man nichts von dieser nächtlichen Wanderung, so würde man diese Eintagsfliegenlarven womöglich als rheophob (Strömung meidend) einschätzen. In Wirklichkeit sind sie negativ phototaktisch (meiden Licht) und

zusätzlich rheophil (strömungsliebend). Die Tatsache, dass *Epeorus*-Larven sich in stark beschatteten Bachtteilen auch tagsüber auf den Steinen aufhalten, bestätigt dies.

Eine flache Körpergestalt gibt es aber nicht nur bei Insektenlarven, sondern bei vielen anderen torrentikolen Arten. Generell abgeflacht sind die Strudelwürmer, von denen im Normalfall *Crenobia alpina* den Oberlauf der Bergbäche, *Polycelis felina* den mittleren Abschnitt und *Dugesia gonocephala* den Unterlauf der Bäche besiedeln (S. 196). Weitere Beispiele sind die Larven der Haken- und Klauenkäfer (Dryopidae und Elmidae, S. 262), die Puppengehäuse der Kriebelmücken (*Simulium*) und die Puppe der Lidmücke (*Liponeura*, S. 268/1a, 3a).

Bei manchen torrentikolen Köcherfliegenarten hat zwar der Körper die normale, etwa walzenförmige Gestalt bewahrt, aber die Bauweise der ursprünglich röhrenartigen Gehäuse wird den Bedingungen des Bergbachs angepasst: *Goera* und die verwandten Gattungen *Silo* (S. 278) und *Lithax* fügen den beiden Längsseiten des Köchers breite Steinchen an und glätten die Übergänge durch den Einbau von Sandkörnern derartig, dass eine Platte entsteht.

Auch eine geringe **Körpergröße** ist als Anpassung an das Leben im Bergbach anzusehen. So wird der Gemeine Flohkrebs (*Gammarus pulex*, S. 208/4) in rasch strömenden Bächen niemals so groß wie in stehenden oder langsam fließenden Gewässern. Die hier lebenden Wassermilben sind die kleinsten Vertreter der ganzen Gruppe. Winzig sind auch die echten Bachformen unter den Käfern, wie der Hakenkäfer *Elmis maugetii* oder der Langtasterwasserkäfer *Hydraena riparia* (S. 262). Kleine Tiere finden auch noch in den engsten Spalten Schutz vor Abschwemmung.

Weitverbreitet unter den Bachbewohnern ist die vorübergehende oder dauernde **Befestigung an der Unterlage**. Sie erfolgt bei den Strudelwürmern und der Mützenschnecke (S. 290/7) z. B. durch Schleim. Die Haken- und Klauenkäfer klammern sich mit ihren großen Fußkrallen an

Wasserpflanzen. Die Larven der Kriebelmücken spinnen sich einen Haftplatz aus Sekret, um sich darauf mit ihrem verbreiterten Hinterende, das mit einem terminalen Kranz aus vielen kleinen Häkchen versehen ist, zu verankern (KIEL et al. 1989; S. 268/1).

Die Bachmilben haben, im Gegensatz zu ihren Verwandten aus stehenden Gewässern, häufig kräftige Klauen und dornartige, der Verankerung dienende Borsten.

Das becherartige Schutzgehäuse der Larven der Zuckmücken-Gattung *Rheotanytarsus* (S. 264/2) ist mit einem Stielchen aus erhärtetem Sekret an die Blättchen der Bachmoose angeklebt. Andere Zuckmückenlarven spinnen auf Steinen röhrenartige, meist mit Sandteilchen bedeckte Gänge. Dies gilt auch für die Puppen all jener Köcherfliegen, deren Larven auf dem Gewässerboden frei herumschweifen. Häufig erfolgt die Ortsbehauptung im reißenden Wasser durch Saugnäpfe oder ähnlich wirkende Gebilde. Zu Saugnäpfen können die verschiedensten Körperteile gestaltet sein. Bei den Larven der Eintagsfliegen-Gattung *Rhithrogena* ist es das 1. Paar der Kiemenblätter, die nierenförmig verbreitert und nur von spärlichen Tracheenästen durchzogen sind. Die vollendetsten Saugnäpfe aber haben zweifellos die Lidmücken-Larven (*Liponeura*): Sie leben in den Bächen der Gebirge fast immer an solchen Felsen, über die das Wasser mit tosender Wucht herunterschießt und an denen der Aufenthalt eines Lebewesens unmöglich erscheint. Die sechs Saugnäpfe auf ihrer Bauchseite bestehen aus einem äußeren Chitinring und einem zentralen Chitinpfropfen, der nach Anheftung des Rings durch senkrechten Muskelzug nach oben bewegt wird und so einen luftleeren Raum schafft (S. 165, Bild 112; S. 268/3).

Die Wirkung derartiger Schutzmechanismen kann man überprüfen, indem man verschiedene Bachtierarten steigenden Strömungsgeschwindigkeiten aussetzt. Bei derartigen Experimenten hat DITTMAR (1955) eine „mittlere begrenzende Strömungsgeschwindigkeit“ bestimmt,

bei der sich die betreffenden Tiere noch auf Steinen des Bachbetts halten können, die allseits der Strömung ausgesetzt sind. Da sie bei höheren Strömungswerten abgespült werden, können sie in den Bächen nur an Stellen leben, an denen diese Grenzwerte nicht überschritten werden. „Sieger“ war die Lidmückenlarve *Liponeura cinerascens*: Noch bei mehr als 3 m/sec hielt sie sich fest an ihrer Unterlage. Es folgten die Kriebelmückenlarven (*Simulium* sp.), für die die mittlere begrenzende Strömungsgeschwindigkeit 2,8 m/sec beträgt. Für die Eintagsfliegenlarve *Epeorus sylvicola* war dieser Wert 1,24 m/sec, für den Strudelwurm *Dugesia gonocephala* 0,93 m/sec, für den Klauenkäfer *Elmis maugetii* 0,91 m/sec und für die Schnecke *Radix labiata* 0,48 m/sec. Für die Mützenschnecke *Ancylus fluviatilis* bestimmte er eine Strömungsgeschwindigkeit zwischen 0,2 und 1 m/sec.

Viele Tiere stehender oder nur langsam fließender Gewässer, wie die Schwimm- und Wasserkäfer, die Wasserwanzen und manche Schnecken, kommen zum Atmen an die Oberfläche. Dies ist für die Bewohner reißender Bäche unmöglich. Viele, v. a. die Kleinsten, können sich in dem sauerstoffreichen Wasser mit **Hautatmung** begnügen; andere atmen durch **Kiemern** oder, soweit es sich um Wasserinsektenlarven handelt, mit Tracheenkiemen. Das sind zarte, an verschiedenen Körperstellen, meist am Hinterleib sitzende Hautausstülpungen in Blättchen- oder Schlauchform, in denen sich die feinsten Atemröhren (Tracheen) verzweigen (S. 133, Bild 75).

Die besprochenen Anpassungen an das Leben in reißender Strömung zielen auf eine mehr oder weniger sitzende (semisessile) oder zumindest ortsgebundene Lebensweise hin. Diese erschwert natürlich den **Nahrungserwerb** wiederum bedeutend. Zahlreiche Pflanzenfresser unter den Torrentikolen, wie die Eintagsfliegenlarven, weiden den aus Kieselalgen bestehenden Aufwuchs der Steine ab und unternehmen nur kleine Wanderungen (s. o.). Wer aber nahezu oder völlig an einem Ort verbleibt, der ist meist auf driftende Lebewesen und Detritus an-

gewiesen, die aus dem Bach selbst stammen oder eingeschwemmt sind und durch die Strömung zugetragen werden. Zum Herausfangen dieser Nahrungsteilchen aus dem Wasserstrom dienen verschiedenste Einrichtungen wie Planktonnetze oder Filter und Siebe. Mehrere Köcherfliegenlarven bauen keinen Köcher, sondern stellen mit dem Sekret ihrer Spinndrüsen zarte, netzartige Gewebe her, die sie z. B. zwischen Steinen und Ästen ausspannen (S. 276). Sie bilden ein regelmäßiges Geflecht und dienen dem Fang angeschwemmter Algen und kleinsten Wassergetiers. Die Netze von *Plectrocnemia conspersa* sind flach liegenden Tüten ähnlich. *Hydropsyche*-Larven bauen kreisrunde Netze von fünf bis sieben Millimeter Durchmesser mit regelmäßig rechteckigen Maschen in kleinen Rahmen aus Nadeln oder Ähnlichem. Mit den eigentlichen Fangnetzen ist meist ein gleichfalls aus Gewebe hergestellter Gang oder ein kammerartiger Raum verbunden, in dem sich die Larve gewöhnlich aufhält. Von Zeit zu Zeit kommt sie heraus und weidet die am Netz angetriebenen Nahrungsteilchen ab (S. 173, Bild 117).

Vollendete Fächer bilden die beiden seitlichen Anhänge der Oberlippe der Kriebelmückenlarven, die in bestimmten Abständen abwechselnd mundwärts geführt und von Haarbürsten an den Mandibeln ausgekämmt werden (S. 268/1). Für räuberische Arten, die umherschweifen müssen und dabei leicht von der Unterlage weggespült werden können, ist die Strömung besonders gefährlich. Die Larven der köcherlosen Köcherfliegen-Gattung *Rhyacophila* (S. 276) haben einen Ausweg gefunden: Sie spinnen einen im Wasser erstarrenden elastischen Sekretfaden, den sie bei ihren Beutezügen durch Auftupfen mit dem Kopf von Zeit zu Zeit an der Unterlage befestigen und dann beim Weiterkriechen ausziehen. An diesem ständig verlängerten Sicherungstau sowie an der Unterlage klammern sie sich fest.

Die Tierwelt der Bäche wird häufig in **Bewohner der Steine und der Moorsrasen** eingeteilt. Die Strudelwürmer und die abgeplatte-

ten Stein- und Eintagsfliegenlarven z. B. bevorzugen moosfreie Gesteinsflächen, und zwar besonders die der großen Felsen, die als ruhende Punkte in dem tosenden Element die sichersten Anheftungsmöglichkeiten bieten. Wegen ihrer Vorliebe für steinigem Untergrund werden diese Arten als lithotaktisch bezeichnet.

Die Hakenkäfer und viele Bachmilben ziehen dagegen im Allgemeinen die Moosbüschel als Habitat vor. Die Bachmoose dienen vornehmlich als Lebensraum, nicht aber als Nahrung. Zwischen den Blättchen und Stängeln der Moospflanzen schlagen sich ständig die vom Wasser mitgeführten Zerfallsstoffe nieder. In den Moosrasen entwickeln sich auch zahlreiche Algen, vorwiegend Kiesel- und Grünalgen. Daher finden in den Moosbüscheln Detritus- und Algenfresser beste Ernährungsmöglichkeiten, was die Büschel wiederum auch für Räuber attraktiv macht. Anderen Tieren bieten die Moospflanzen Schutz vor der Strömung.

Besonders bedeutungsvoll ist jedoch die durch die verästelten, beblätterten Moosstängel bewirkte beträchtliche Oberflächenvergrößerung. Die Besiedlungsdichte der Bachmoosrasen ist daher oft überraschend hoch: Im Sauerland fand DITTMAR (1955) in einem auf anstehendem Fels wachsenden Rasen des Mooses *Scapania undulata* von nur 0,119 m² (ca. 34,5 × 34,5 cm) Fläche und 4,98 Gramm Trockengewicht 4309 Tiere. Im Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*), das meist lange, in der Strömung flutende Büschel bildet, die nur mit einer kleinen Fläche dem Untergrund aufsitzen und daher nur wenig Detritus ansammeln, fand er weit weniger Arten. In einem *Fontinalis*-Büschel von annähernd gleichem Trockengewicht (5,2 g), aber nur 0,0007 m² (ca. 2,65 × 2,65 cm) Anheftungsfläche zählte er „nur“ 1414 Lebewesen. Angesichts der ständigen Bedrohung durch das reißende Wasser sollte man annehmen, die meisten Bachtiere in den zwar spärlichen, aber doch immerhin vorhandenen Strecken ruhigerer Strömung zu finden (S. 21, Bild 7). Gerade das Gegenteil ist der Fall. Zunächst glaubte man,

das rasch strömende Wasser besitze mehr Sauerstoff. Zahlreiche Untersuchungen beweisen jedoch, „dass gerade strudelndes Wasser nie einen höheren **Sauerstoffgehalt** aufweist, als dem jeweiligen Sättigungsgleichgewicht gegenüber der Luft entspricht, während in stehenden Gewässern häufig Übersättigungen vorkommen. In ruhendem oder schwach bewegtem Wasser sind die Organismen von einer adhäsiv festgehaltenen Flüssigkeitsschicht umgeben, die alsbald einen an lebenswichtigen Stoffen verarmten Hof um das Tier oder die Pflanze bildet“ (RUTNER 1962). Hier muss der Sauerstoff also erst über langsame Diffusionsvorgänge an die aufnehmende Oberfläche gelangen. In turbulenter Strömung hingegen wird die Oberfläche immer wieder mit neuem, sauerstoffgesättigtem Wasser in Berührung gebracht, was Atmung und Nahrungsaufnahme begünstigt.

Trotz der vielfältigen Anpassung an das Leben in der Strömung werden natürlich immer wieder Tiere der Bergbäche vom reißenden Wasser losgerissen und talwärts geschwemmt (**organismische Drift**). Sobald sie jedoch irgendwo einen Halt gefunden haben, wandern sie wieder der Strömung entgegen (positive Rheotaxis). Viele Insekten gleichen das Abdriften ihrer Larven aus, indem die Imagines zur Eiablage stromaufwärts fliegen (**Kompensationsflug** z. B. bei vielen Arten der Eintagsfliegen). Auch die Eier bzw. Gelege werden vor dem Abdriften geschützt, indem sie mit aufquellender, klebriger Gallerte oder mit einer Kittsubstanz an einem geeigneten Untergrund im Bach oder an Pflanzen in Nähe des Wassers angeheftet werden (vgl. Tab. S. 171).

Alle diese Anpassungen tragen dazu bei, eine Abspülung in Niederungsbäche oder gar in Seen zu verhindern. Andererseits dürfte die Drift in gewissem Umfang eine einfache Möglichkeit des Ortswechsels sein, indem sich die Tiere ein Stück weit abwärts transportieren lassen, um durch Wanderung stromaufwärts geeignete Lebensstätten aufzusuchen.

Gewässertypen in Mitteleuropa

Lassen im Bergbach Gefälle und Strömungsgeschwindigkeit vom Ober- zum Unterlauf gleichmäßig nach, so wechseln in den Bächen der Ebene Strecken stärkster und schwächster Strömung je nach Wassermenge, Gefälle, Breite, Tiefe und Gestalt des Bachbetts unregelmäßig miteinander ab.

In Bachabschnitten, die Wiesengraben ähneln, ist die Wasserbewegung besonders bei starkem Makrophytenwachstum oft kaum merklich. In Schnellen misst man dagegen, wenigstens zur Zeit des Frühjahrshochwassers, nicht selten über 1 m/sec, beim sommerlichen Normalwasserstand allerdings gewöhnlich nicht über 0,7 m/sec. Als mittlere Strömung von Flachlandbächen kann man etwa 0,4–0,5 m/sec annehmen. Diese Geschwindigkeit erlaubt es bereits dem Stoßwasserläufer *Velia* sowie dem Taumelkäfer *Orectochilus villosus*, die Wasseroberfläche zu ihrem dauernden Lebensraum zu machen (S. 246, 258).

Auch der Untergrund ist im Bach der Ebene abwechslungsreicher gestaltet als in dem des Gebirges. Kies- und Sandbänke, Schlamm und dichte Pflanzenbestände wechseln nach Untergrund und Strömungsgeschwindigkeit in bunter Folge (Bild 9). Der Bodenschlamm kann mehrere Dezimeter mächtig

werden. An ruhigeren Strecken hemmt dichter Bewuchs von Schwanenblume, Wasserpest und zahlreichen Sumpfpflanzen die Strömung noch mehr und erleichtert die Schlammablagerung. In stärker fließenden Strecken fluten wahre Wälder schmalblättriger Laichkräuter (S. 90); die Teichrose (S. 88) siedelt in geschlossenen Beständen im Steingrus. Auch vereinzelte, größere Gesteinsbrocken können hie und da im Bachbett liegen, oft dicht überzogen von der Zweigalge *Cladophora*. Da die Wassertemperatur von der der Luft oft nur um 1–3 °C abweicht, können sich starke jahreszeitliche Temperaturunterschiede ergeben, von 0,5 °C im Winter bis zu über 20 °C im Sommer.

Auch der von Temperatur, Fließgeschwindigkeit und Pflanzenbewuchs abhängige Sauerstoffgehalt ist bei Weitem nicht so gleichmäßig hoch wie im Gebirgsbach. Wohl kann die Sauerstoffsättigung bei entsprechender Strömung während der kühlen Jahreszeit oder auch im Sommer in ausgedehnten Wasserpflanzenbeständen 100 % und darüber betragen, aber an den gleichen Stellen oder in anschließenden Bachabschnitten kann sie bei geänderten Bedingungen, wie starker Erwärmung des Wassers



Bild 9. Ein durch Grünland laufender Wiesenbach. Gleichmäßige Wasserführung und ein abwechslungsreicher Bachboden aus Kies, Sand und Schlamm kennzeichnen den Niederungsbach.

EXKURS: DAS HYPORHEISCHE INTERSTITIAL

Ein ganz besonderer Lebensraum ist das Lückensystem unter dem Bach- bzw. Flussbett, das mit dem Grundwasser in Beziehung steht, das **hyporheische Interstitial**.

In diesem Grenzbiotop zwischen oberirdischen und unterirdischen Gewässern finden viele kleine Tiere und besonders auch Jugendstadien (Junglarven der Großmuscheln, Eier und Jugendstadien der Salmoniden u. a.) Schutz vor der Strömung, aber auch Rückzugsräume bei Austrocknung. Von hier aus kann eine Wiederbesiedlung nach reißenden Hochwassern oder Trockenheit stattfinden. Das hyporheische Interstitial ist prinzipiell im gesamten Flusslauf vorhanden und hat eine wichtige ökosystemare Funktion, die lange unterschätzt wurde (vgl. Kolmation, S. 54). So ist die große Oberfläche der Sedimente durch einen mikrobiellen Biofilm besiedelt, der intensiv

am Kohlenstoff- und Nährstoffumsatz des gesamten Fließgewässers beteiligt ist. Das Lückensystem ist aber nicht nur als Rückzugsort für die Bachbewohner wichtig, sondern weist zumindest bei einigen wenigen Gruppen (z. B. den Wassermilben) eine eigenständige, recht diverse und nur dort vorkommende Artengemeinschaft auf. Oft sind diese Spezialisten anhand besonderer Anpassungen (geringe Pigmentierung, länglich wurmförmige Gestalt, Fehlen von Augen) zu erkennen (SCHWOERBEL 1967). Findet man diese Arten in den Bachsedimenten, kann man von einem funktionsfähigen und stabilen hyporheischen Interstitial ausgehen. Das hyporheische Interstitial ist thermisch besonders ausgeglichen, mit im Sommer meist geringeren, im Winter etwas höheren Temperaturen als im frei fließenden Wasser.

oder Fäulnisvorgängen im Bodenschlamm, um mehr als die Hälfte absinken.

Die Tierwelt des Flachlandbachs umfasst viele euryxibionte und eurytherme Arten, also solche, die beträchtliche Schwankungen des Sauerstoffgehalts und der Temperatur tolerieren. Dank der vielfältigen Ausprägung des Bachbodens, des reichen Nahrungsangebotes (Pflanzen), der ausgeglichenen Wasserführung und der geringeren Strömung umfasst die Tierwelt oft mehr Arten als der Gebirgsbach.

Im Bodenschlamm und -sand graben *Ephemera*-Larven ihre Gänge (S. 216), lauern *Gomphus*-Larven (vgl. S. 226) auf Beute, leben die Larven von Zuckmücken sowie Würmer in großer Arten- und Individuenzahl, außerdem Erbsen-, Kugel- und Flussmuscheln. Auf den Stängeln und Blättern der Wasserpflanzen kriechen Wasserschnecken, die Larven von Köcherfliegen und die der Prachtlibelle (*Calopteryx*). Im Genist und unter den Steinen sitzen Flohkrebse,

Wasserasseln, Strudelwürmer und Steinfliegenlarven. Und da im Niederungsbach die schwächere Strömung auch wirbellosen Tieren eine schwimmende Fortbewegung erlaubt, schlängeln sich zwischen Wasserpflanzen Egel, rudern kleine Wasserkäfer und -wanzen, Milben und Eintagsfliegenlarven. An Steinen, Pfählen und Ästen siedeln Wasserschwämme.

Diese keineswegs vollständige Aufzählung zeigt, dass sich unter den Bewohnern der Flachlandbäche oft auch die eine oder andere Art stehender Gewässer einstellt. Eine besondere, verarmte Lebensgemeinschaft bergen Bäche, die ganz oder streckenweise für kürzere oder längere Zeit trockenfallen, wie z. B. Fließgewässer in Moränen- und Karstgebieten. Meist finden wir in ihnen nur Larven von Insekten, die ihre Entwicklung noch vor dem sommerlichen Austrocknen beenden. Manche Arten können jedoch auch eine gewisse Zeit in Trockenstarre überdauern.

Gewässertypen in Mitteleuropa

Vom Bach zum Fluss

Wenn die Breite eines Fließgewässers an der Oberfläche mehr als fünf Meter beträgt, spricht man gemeinhin von einem Fluss. Manchmal wird ein breites Fließgewässer erst dann als Fluss bezeichnet, wenn die Ufergehölze keine das ganze Gewässer umfassende Beschattung ermöglichen. Dank seiner bedeutend größeren Wasserkraft prägt der Fluss die Landschaft weit mehr als der wasserärmere Bach. Unter natürlichen Bedingungen verlagert der Fluss, meist als Folge von Hochwassern, seinen Lauf (Bild 10). Es entstehen Seitenarme, Altwasser und Inseln. Große Steine im Flussbett tragen dicke, im Wasser flutende Algen- und Moosdecken, in seichten Uferbuchten wuchern die Unterwasserwälder der Wasserpflanzen. Meist entsteht der junge Fluss durch Vereinigung mehrerer Bäche. Hier, in seinem Oberlauf, ist seine Wassermenge zunächst noch nicht allzu groß, aber das Wasser ist klar und sauerstoffreich. Auch der Oberlauf der Flüsse gehört noch zur **Forellenregion** mit den charakteristischen Bach- und Regenbogenforelle, Elritze und Groppe. Sie geht – mit abnehmendem Gefälle und zunehmender Wasserführung – in die **Äschenregion** über. Ihr Wasser erwärmt sich auch im Sommer nicht über 15°C.

An die Äschenregion schließt sich die **Barbenregion** an, deren charakteristische Barbe, Rotaue, Rotfeder, Zander, Barsch und Aal sind. Äschen- und Barbenregion bilden zusammen den Mittellauf des Flusses. In seinem Bereich ist die Flusssohle meist steinig oder sandig.

Im nun folgenden Unterlauf ist die Wassermenge stark angeschwollen, das Wasser durch Schwebstoffe getrübt und bis zu mehreren Metern tief. Es erwärmt sich im Sommer bis auf 20°C und darüber. Schlamm bedeckt die Flusssohle, die streckenweise von dichten Wasserpflanzenbeständen besiedelt ist. Die typischen Fischarten dieser **Brachsenregion** sind neben den Brachsen

Karpfen, Schleie, Karausche, Wels, Zander und Barsch-Arten, die auch mit sauerstoffärmerem Wasser auskommen.

Allerdings gibt es in Mitteleuropa keinen einzigen Fluss mehr, der von der Quelle bis zur Mündung natürliche oder naturnahe Verhältnisse aufweisen würde (S. 50).

UMWELTFAKTOREN IN FLIESSGEWÄSSERN

Wasserbewegung

Das wohl augenfälligste Merkmal der Fließgewässer ist ihre Strömung. Sie gestaltet die Kleinlebensräume der Bäche und Flüsse wesentlich und ist bestimmend für die qualitative und quantitative Zusammensetzung ihrer Pflanzen- und Tierwelt.

Anknüpfend an das im vorangegangenen Exkurs (S. 24) Gesagte, können wir uns hier auf allgemeine und ergänzende Aspekte beschränken.

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen laminarer und turbulenter Strömung. Laminar bedeutet, dass das Wasser in parallelen „Wasserfäden“ abfließt, bei turbulenter Strömung kommt es hingegen zu Verwirbelungen, also zu einer starker Durchmischung des Wasserkörpers. In welcher Weise das Wasser strömt, hängt von der Fließgeschwindigkeit, dem Querschnitt des Gerinnes und der kinematischen Zähigkeit des Wassers ab. Letztere Größe ist das Verhältnis von Viskosität (Zähigkeit) und Dichte und kann in etwa der Zähigkeit des Wassers gleichgesetzt werden. Die Zähigkeit ist der Widerstand, den das Wasser dem freien Fließen entgegengesetzt bzw. der bei Bewegungen im ruhenden Wasser überwinden werden muss (vgl. S. 15). Die Zähigkeit hängt stark von der Temperatur ab: Wasser von 5°C hat etwa die 1,5-fache Zähigkeit von 20°C warmem Wasser, die Viskosität von Wasser ist bei 0°C etwa doppelt so groß wie die von Wasser bei 20°C (ein im ruhenden Wasser „schwebender“ Plankton-

organismus sinkt in 20°C warmem Wasser also doppelt so schnell wie in Wasser von 0°C!). Für festsitzende Fließgewässerorganismen bedeutet dies, dass die mechanische Schubkraft des Wassers in kaltem Wasser höher ist als in warmem. Auch die Dicke der strömungsarmen Grenzschicht (vgl. S. 24) ist davon beeinflusst. Sie nimmt bei gleicher Fließgeschwindigkeit mit steigender Temperatur ab.

Entscheidend für die Strömungsverhältnisse ist auch die Gestalt des Gerinnes: Verengungen führen zur Erhöhung der Fließgeschwindigkeit, große Steine und Felsen fördern die Ausbildung von Wirbeln und Strudeln, lassen aber auch an der Gewässersohle strömungsgeschützte „Totwasserbereiche“ entstehen, in denen sich u.a. Falllaub ansammeln kann. In der Praxis ist davon auszugehen, dass laminare Strömung in Gewässern nur in der Grenzschicht und im Porenraum des hyporheischen Interstitials anzutreffen ist, möglicherweise auch in durchströmten Moosrasen.

Die Fließgeschwindigkeit kann man grob durch Einbringen eines Schwimmkörpers und Stoppen der Zeit zum Zurücklegen einer abgesteckten Strecke bestimmen. Ge-

nerell nimmt die Strömungsgeschwindigkeit von der Oberfläche und Mitte der Fließgewässer gegen die Ufer und die Sohle hin ab und besitzt an der Vorderseite eines Steines am Gewässergrund einen ganz anderen Wert als an dessen Rückseite. Um wertvolle Aussagen über die Habitatpräferenzen von Tieren machen zu können, muss man also die Geschwindigkeit am jeweiligen Aufenthaltsort der untersuchten Tiere ermitteln (vgl. S. 24, STATZNER & HOLM 1982).

Licht

Wenig untersucht ist der Einfluss des Lichtes auf die Fließwasserorganismen. Augenfällig ist seine Bedeutung für die Bachpflanzen, für deren Assimilation es unentbehrlich ist. Im vollbelichteten Wiesenbach entwickeln sich Algen und Höhere Pflanzen viel stärker als im beschatteten Waldbach, wo Rasen aus Kieselalgen die Hauptnahrungsquelle für pflanzenfressende Tiere darstellen. Ohne beschattende Ufergehölze fehlt somit vielen der anspruchsvollen Arten, die sich als Weidegänger auf Kieselalgen spezialisiert haben, die Nahrungsgrundlage. Die



Bild 10. Unter natürlichen Bedingungen verändert ein Fluss ständig seinen Lauf, wodurch solche Altwasserarme entstehen. Oft sind davon nur noch kümmerliche Überbleibsel erhalten.

Gewässertypen in Mitteleuropa

Eiablage und das Schlüpfen mancher Wasserinsekten, z. B. der Eintagsfliege *Torleya major* (S. 222), wird durch die Lichtintensität beeinflusst. Köcherfliegen schlüpfen z. B. vorzugsweise bei unbedecktem Himmel, schlüpfreife Puppen warten, bis sich günstiges Flugwetter einstellt.

Wasserchemie

Bezüglich der chemischen Verhältnisse können wir auf das in Kapitel 2 „Wasser als Lebensraum“ Gesagte verweisen (S. 14ff.).

Ernährungsbeziehungen

Von den verschiedenen, in einer Lebensgemeinschaft wirksamen Umweltfaktoren sind die Ernährungsbeziehungen zweifellos am wichtigsten (THIENEMANN 1913). Die größte Bedeutung für die pflanzenfressenden Bachtiere (Primärkonsumenten) haben Algentepiche des Gewässergrunds, vorwiegend Kiesel- und Grünalgen. Erst in weitem Abstand folgen die Höheren Wasserpflanzen. Moose werden nur von ganz wenigen Arten gefressen (S. 27). Die Hauptnahrung der räuberischen Tiere (Sekundärkonsumenten) sind Mücken-, Fliegen-, Steinfliegen-, Eintagsfliegen- und Köcherfliegenlarven. DITTMAR (1955) stellte bei zahlreichen Magenuntersuchungen fest, dass die Bachtiere bezüglich ihrer Nahrung wenig wählerisch sind: „Die Pflanzenfresser unterscheiden zwar zwischen Kiesel- und Fadenalgen, aber nur in den seltensten Fällen zwischen den Arten...“. Entsprechend fressen die Räuber am häufigsten die Beutetiere, die sie in größter Zahl an ihrem Wohnort antreffen. Die Arten- und Individuenzahl der Konsumenten, die man in den verschiedenen Bachtypen und ihren Abschnitten findet, spiegelt das jeweilige Nahrungsangebot wider. In der Quellregion und im Oberlauf des Hochgebirgsbachs leben weniger Arten und Individuen, meist auch Formen geringerer Körpergröße als im

Unterlauf des Mittelgebirgsbachs oder im Niederungsbach.

Für naturnahe Bäche bis hin zu kleinen Flüssen sind standorttypische Ufergehölze (v. a. Schwarzerlen) ein entscheidender Faktor, der v. a. die Ernährung der Bachtierre, aber z. B. auch die Stabilität der Ufer beeinflusst (BÖTTGER 1986). So hat die Beschattung zahlreiche indirekte Auswirkungen: Einerseits hat sie eine geringere sommerliche Erwärmung und gleichbleibend hohe Sauerstoffsättigungen des Wassers zur Folge, andererseits ist sie unerlässlich für das Wachstum der Kieselalgen, die die Nahrungsgrundlage vieler Weidegänger sind. Durch die Beschattung wird zudem das Aufkommen von Makrophyten verhindert, die wiederum eine Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit und eine verstärkte Sedimentation bewirken. Unmittelbar dienen das Totholz und die oftmals flutenden Erlenwurzeln als besiedelbare Substrate (und als Nahrung). Falllaub bildet den wichtigsten Eintrag organischen Materials, nicht nur für die Zerkleinerer selbst (z. B. *Gammarus*), sondern auch für die folgenden Glieder der Nahrungskette.

Untergrund (Substrate)

Allein schon die Beschaffenheit des Untergrunds bestimmt in vielen Fällen die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft. **Glatter Fels** ohne Feinsedimente tritt in Wasserfällen und Schnellen auf. Das Wasser schießt meist über sie hinweg, ist sauerstoffreich und wegen der ständigen Zerstäubung besonders kühl (Verdunstungskälte). Dieser Lebensraum ist gewöhnlich nahrungsarm, da die Algen größtenteils abgeschwemmt werden und nur ein geringer Prozentsatz des Lichtes bis auf den Grund dringen kann, da es durch die zahllosen feinen Luft- und Wasserteilchen zurückgeworfen wird. Nur Tiere, die der Strömung hervorragend angepasst sind, können hier leben.

Der gewachsene Fels kann von der Strömung nicht bewegt werden, der Schotter unterliegt der Umschichtung. Die Schottergröße hängt vom geologischen Untergrund und der Wasserführung ab. **Grobschotter** mit einer Korngröße von über 50 Millimeter kommt in Bächen mit hartem Untergrund vor. Er wird nur bei starkem Hochwasser umgeschichtet. Sein Hohlraumsystem verändert sich daher wenig. Es ist gut durchströmt und dank einer ausreichenden Belichtung nahrungsreich.

In diesem Hohlraumsystem, teilweise auch auf der Oberfläche der Steine, leben zahlreiche Arten. Besonders die Strudelwürmer (*Dugesia*), Eintagsfliegen (*Epeorus*, *Rhithrogena*, *Baetis*, *Ephemerella*), Steinfliegen (*Perlodes*, *Perla*, *Leuctra*, *Protonemura*) und Köcherfliegen (*Rhyacophila*, *Philopotamus*, *Hydropsyche*, *Silo*), Dipteren (*Liponeura*) sind artenreich vertreten (DITTMAR 1955).

Kleinschotter mit einer Korngröße von 10–50 Millimeter finden wir hauptsächlich in Gewässern mit verhältnismäßig weichem Untergrund (oft Kalkgestein). Er wird durch die Strömung schon stärker bewegt. Sein Hohlraumsystem ist englumiger, sodass sich Detritus leichter ablagert. Dieses Substrat wird gern von Detritusfressern wie dem Bachflohkrebs besiedelt.

In Bächen mit sehr kalkhaltigem Wasser (über 30 mg/l) sind die Steine des Bachbetts oft durch ausfallenden Kalk zusammengeklittet. Dadurch sind Sinterstrecken durch ein enges Hohlraumsystem ausgezeichnet, das nur von kleinen Organismen besiedelt werden kann.

Kiese und Sande (Korngröße 10–0,1 mm) lagern sich nur an Stellen des Gewässergrunds ab, an denen die Strömungsgeschwindigkeit weniger als 0,3 m/sec beträgt. Ihr Hohlraumsystem ist zwar weit verzweigt, aber äußerst englumig. Da sich die Einzelteilchen fast dauernd in gegeneinander mahlender Bewegung befinden, wird dieses Substrat nur von recht wenigen Tierarten bewohnt, z. B. Junglarven der Eintagsfliegen-Gattungen *Baetis* und *Ephemera*.

Noch feiner ist die Korngröße der **tonig-schlammigen Ablagerungen** mit 0,05–0,001 Millimetern. Daher findet sich dieses Sediment auch nur in Gewässerabschnitten mit völlig oder nahezu stehendem Wasser. Fast immer ist es mit Detritus angereichert, sodass dort häufig Fäulnisprozesse ablaufen. Detritusfresser entwickeln sich an solchen schlammigen Stellen des Bachgrunds oft in Massen. In zehn Zentimeter dicken Schlammschichten ruhiger Buchten eines Sauerlandbachs fanden sich durchschnittlich 2200 Tiere pro m²: 81 % hiervon waren Zuckmückenlarven (DITTMAR 1955).

In langsamer fließenden Gewässern kommt es, meist durch Abbruch von Ufertteilen oder auch durch Anspülung von Schwemmmaterial, zur Ausbildung von Uferbänken. Sie sind ein Grenzlebensraum zwischen festem Land und Wasser. Sie werden aber von zahlreichen Wassertieren bewohnt, die dort Gänge graben, z. B. Larven von Zuckmücken und der Eintagsfliegen-Gattungen *Ephemera* oder *Paltingenia*.

Auch die **Pflanzenbestände** der Gewässer und Ufersäume sowie Moosrasen und -büschel muss man zum Substrat rechnen (S. 26f.). Die flutenden Pflanzen des Freiwasserraums bieten in ihren Blattachseln zahlreiche, strömungsgeschützte Wohnräume. Auch die Stängel, Blätter und Wurzeln der Uferpflanzen tauchen häufig mehr oder weniger weit ins Wasser ein und schaffen so einen strömungsarmen Lebensraum. Hier finden sich bevorzugt Larven von Kleinlibellen, Köcherfliegen, ferner Wasserkäfer (und ihre Larven) sowie Jungfische. Große Pflanzenbestände erzeugen bei Tag durch ihre Assimilation beträchtliche Mengen von Sauerstoff. Nachts kann es jedoch besonders an stark verkrauteten, nährstoffreichen Strecken langsam fließender Gewässer zu einer weitgehenden Sauerstoffverminderung kommen. Die Atmungsprozesse führen in ungünstigen Fällen zu einem Sauerstoffschwund mit katastrophalen Folgen für die Tierwelt.