

# Leben in der Strömung

Rudolf Hofer  
Christian Moritz

Steinfliegen-Larve (*Perla grandis*)





**Sulzaubach (Stubaital),**  
ein verzweigtes Gerinne mit zahlreichen  
Nebenarmen und Kiesbänken, das sich  
unter natürlichen Verhältnissen bei  
starker Geschiebeführung und großen  
Abflussschwankungen ausbildet.

# LEBEN IN DER STRÖMUNG

Ein „Tauchgang“ in die Unterwasserwelt von Bächen und Flüssen eröffnet Einblicke in die Vielfalt tierischer Lebensgemeinschaften mit beeindruckenden Anpassungsstrategien an extreme Umweltbedingungen.

## Inhalt

Fließgewässer als Lebensraum .....	3
Anpassung an die Strömung .....	5
Atmungsstrategien .....	19
Osmoregulation .....	32
Nahrungsnetze .....	34
Die Entwicklung der Wasserinsekten .....	50
Invasive Neozoen .....	56
Anthropogene Einflüsse auf den Gewässerzustand .....	59
Übersicht über die wichtigsten Tiergruppen .....	70

## Autoren

**Rudolf Hofer** (Ökophysiologe)

hofer.focusnatura@outlook.com, [www.focusnatura.at](http://www.focusnatura.at)

**Christian Moritz** (Limnologe)

c.moritz@gmx.net

© 2019 – herausgegeben von

**WWF Österreich**

[www.wwf.at](http://www.wwf.at)

Ottakringer Straße 114 - 116

A-1160 Wien

[wwf@wwf.at](mailto:wwf@wwf.at)

**ÖKF FishLife**

[www.fishlife.at](http://www.fishlife.at)

Österreichisches Kuratorium

für Fischerei und Gewässerschutz

Breitenfurterstraße 335, A-1230 Wien

[oekf@fishlife.at](mailto:oekf@fishlife.at)

WWF und ÖKF sind Mitglieder der Plattform „**Flüsse voller Leben**“ ([www.fluessevollerleben.at](http://www.fluessevollerleben.at))

## Die Quelle des Lebens

### Lebendige Flüsse – pulsierende Lebensadern

Ein feingliedriges Adernetz von Flüssen und Bächen durchzieht unsere Landschaft und bildet einen essenziellen Teil im Kreislauf des Lebens. Wie jeder Organismus ist auch unser Land auf pulsierende Adern angewiesen. Lebendige Flüsse schaffen gesunde Landschaften für uns und Lebensraum für eine vielfältige Tier- und Pflanzenwelt.

Freifließende Flüsse sind heute aber ein sehr knappes Gut geworden. Nur mehr 15 Prozent unserer Bäche und Flüsse sind intakt. Das hat mehrere Gründe: Die technische Erschließung bis in die hintersten Täler, die intensive Nutzung bis an die Ufer und die Ableitung oder der Stau für die Wasserkraftnutzung. Verarmte Gewässer sind heute fast die Regel geworden, an deren Anblick man sich gewöhnt hat.

Wir haben oft gar keine Vorstellung mehr von der ursprünglichen Artenfülle, der üppigen Produktivität und der faszinierenden Wunderwelt unserer Flüsse. Und genau hier setzt diese umfangreiche Broschüre an. Mit einem erfrischenden Blick auf das Detail wird das Leben in unseren Bächen und Flüssen unter die Lupe genommen. Die ökologischen Grundlagen des Lebens unter Wasser verständlich erklärt und die Herausforderungen im Gewässerschutz aufgezeigt.

Der **WWF** und die Plattform „**Flüsse voller Leben**“ setzen sich gemeinsam für die Bewahrung und wo erforderlich die Wiederherstellung lebendiger Flüsse ein. Denn gerade angesichts des Klimawandels brauchen wir widerstandsfähige und funktionstüchtige Gewässer, die uns mit sauberem Trinkwasser versorgen, die uns schützen und uns und der Tier- und Pflanzenwelt wertvolle Lebensräume bieten.

**Gerhard Egger**  
**WWF Österreich**

## Wasser ist Leben

### Für Insekten, Fische und Fischer(innen)

*„Wasser ist eine schwerere Luft: Wellen und Ströme sind seine Winde, die Fische seine Bewohner, der Wassergrund ist eine neue Erde!“,* so anerkennend formulierte Goethe-Freund Johann Gottfried Werder das Leben „unter Wasser.“ Mit dieser Wertschätzung identifizieren wir uns und kämpfen daher als behördlich anerkannte Umweltschutzorganisation für den Fischarten- und Gewässerschutz.

Der Name **ÖKF FishLife** sagt bereits alles: Wir lassen den Fisch hoch leben, in einer Wasser- und Gewässerlandschaft, die dringendst unserer Fürsorge bedarf. Artenschutz darf nicht an der Wasseroberfläche aufhören! Die Sonne spiegelt sich im Wasser wider, und vielerorts vergisst man im strahlenden Spiegelbild, wie das Leben unter Wasser aussieht. Viele menschlich beeinflusste Faktoren, wie Begradigungen, Verbauungen, Stau zur Energiegewinnung und Wanderhindernisse machen einen umfassenden Artenschutz für die Fische notwendig, damit es zu keiner Verarmung der Lebensgemeinschaften im Wasser kommt.

Wir brauchen mehr Verständnis für das aquatische Ökosystem, dem Lebensraum unserer Fische und Fischnährtiere. Und dies wollen wir mit „Leben in der Strömung“ vermitteln.

Fischen ist nämlich etwas vom Schönsten auf der Welt: Die Verbundenheit mit der Natur, das Erlebnis des Fanges, der Genuss des Kulinarischen – bei welcher Leidenschaft verbinden sich sonst noch diese drei Elemente des schönen Lebens? Doch ohne Wasser kein Fisch und ohne Fisch keine Fischer. Was man schätzt, das schützt man. So sehen wir uns als Arten- und Gewässerschutz und treten für einen ganzheitlichen und nachhaltigen Naturschutz ein.

**Sonja Behr**  
**ÖKF FishLife**  
**Österreichisches Kuratorium für Fischerei  
und Gewässerschutz**

# Fließgewässer als Lebensraum

Lech

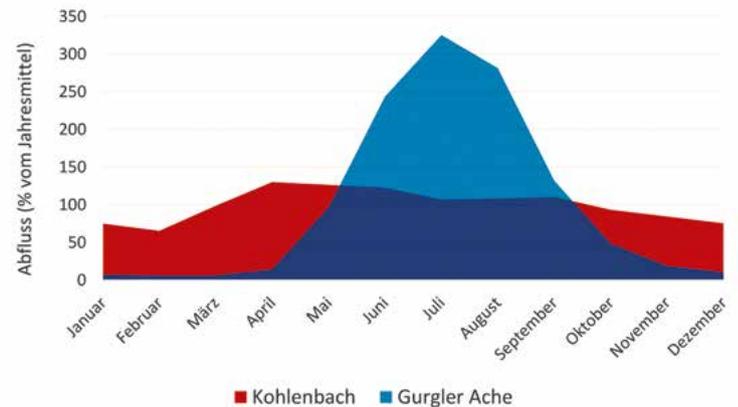
Fließgewässer sind die treibenden Kräfte, die unsere Landschaften geprägt haben. Sie reißen tiefe Schluchten und Täler ins Gebirge, transportieren Unmengen von Schotter und lagern ihn andernorts wieder ab. In breiten Tälern und Ebenen nahmen sie früher große Flächen ein, deren Ausdehnung und Gestaltung ständigen Veränderungen unterlagen. Heute sind Fließgewässer durch massive anthropogene Einflüsse meist in ein mehr oder weniger enges Korsett gezwängt und ihrer strukturellen Vielfalt von Mäandern, Kolken, Furten, Schotterbänken, Seitenarmen, Retentionsflächen und Aulandschaften beraubt. Begradigungen und harte Verbauungen beschleunigen den Wasserabfluss und können nicht nur im Fluss selbst, sondern vor allem im Umland zu massiven Schäden führen. Staue zur Energiegewinnung unterbrechen das für einen Fluss lebensnotwendige Kontinuum und der Schwellbetrieb verursacht laufend unnatürliche Fluktuationen im Flachwasserbereich. Die Folgen sind eine massive Verarmung der Lebensgemeinschaften. Nur wenige große alpine Flusssysteme wie **Lech** und **Tagliamento** konnten ihre Ursprünglichkeit erhalten.

Bäche und Flüsse sind instabile Lebensräume mit saisonal unterschiedlicher Wasserführung, verbunden mit Geschiebetransport, Ablagerungen und Hochwässern. Aber gerade Dynamik und Störungen bewirken eine laufende Regeneration des Lebensraumes und sichern damit die Vielfalt dieses Ökosystems.

Die lokal unterschiedlichen Strömungsmuster eines naturbelassenen Fließgewässers lassen ein räumliches und zeitliches Mosaik von Nischen entstehen, deren Bewohner sich an die spezifischen Bedingungen optimal angepasst haben.

Die Nachteile durch die Gefahr der Verdriftung heben sich mit Vorteilen wie einer optimalen Sauerstoffversorgung, konstanter Nahrungszufuhr und Konkurrenzvorteilen gegenüber weniger angepassten Arten auf.

Die jahreszeitliche Dynamik in alpinen Bächen ist meist stark vom Grad der Vergletscherung bzw. der Schneeschmelze geprägt. Bäche mit glazialen Abflussregime wie die Gurgler Ache (Ötztal) weisen sehr große Unterschiede im Jahresverlauf mit Minimalabflüssen im Winter und einem späten, durch die Gletscherschmelze bestimmten, sehr hohen Maximum zwischen Juni und August auf. In Bächen aus unvergletscherten Regionen, die stärker von der Schneeschmelze geprägt sind (nivales Abflussregime), ist der Jahresverlauf bereits etwas gedämpfter, mit Abflussspitzen im Mai/Juni. In tiefen Lage nimmt der Einfluss der Schneeschmelze ab, der Abfluss wird stärker von Regenereignissen und Tauperioden geprägt und der Jahresgang ist relativ ausgeglichen (Beispiel Kohlenbach bei Kössen).



Abfluss im Jahresverlauf eines Gletscherbaches (Gurgler Ache) und eines tiefer gelegenen Baches (Kohlenbach)



Donau

Je nach Ursprung, Größe und Gefälle sind Fließgewässer von unterschiedlicher Erscheinung. Das Spektrum reicht von **Quellen** (Krenal) und **Gletscherbächen** (Kryal) über **turbulente Bachregionen** (Rhithral, Umschlagseite 4) mit hoher Fließgeschwindigkeit und Sauerstoffsättigung sowie tiefen Wassertemperaturen, bis zur breiten, **ruhiger fließenden Flussregion** (Potamal, Bild oben) mit hohen Sommertemperaturen und sandig-schlammigem Bodengrund.

In Niederungen treten noch langsam fließende **Entwässerungsgräben** und Gießen mit reichem Bewuchs an höheren Pflanzen (Makrophyten) auf, deren Lebensgemeinschaften teilweise mit denen stehender Gewässer übereinstimmen können. Fließgewässer und ihre Bewohner verändern sich kontinuierlich mit abnehmendem Gefälle auf ihrem Weg vom Hochgebirge in die Tiefebene.

Einen deutlichen Einfluss auf die Zusammensetzung von Fauna und Flora haben auch der Eintrag an organischem Material und der Eutrophierungsgrad (Nährstoffgehalt). So ist das Falllaub **flussbegleitender Gehölze** (Bild links) und besonders von **Auwäldern** eine unentbehrliche Quelle für den Aufbau einer komplexen Nahrungskette.

Negativ wirken sich hingegen Einleitungen von Abwässern und vor allem von Schadstoffen aus Haushalten, Industrie und Landwirtschaft aus. Diese Belastungen wurden in den letzten Jahrzehnten weitgehend saniert.

Das andere Extrem sind Hochgebirgsgewässer, vor allem **Gletscherbäche** (Bild unten), die nicht nur durch tiefe Temperaturen und eine hohe Feststoffführung gekennzeichnet, sondern auch nährstoffarm und daher wenig produktiv und artenarm sind.



# Anpassung an die Strömung

Ausweichen oder Widerstand sind die Kriterien fürs Überleben im Fluss

In Fließgewässern ist die Strömung ein zentraler und daher prägender Faktor für dort lebende Tier- und Pflanzengemeinschaften (**Benthos**). Strömungsstärke und Strömungsmuster hängen nicht nur vom Gefälle ab, sondern auch von den Strukturen im Flussbett. Je heterogener sie sind, desto mehr unterschiedliche Nischen entstehen und desto vielfältiger ist das Artenspektrum. Die Reichhaltigkeit der Fauna in naturbelassenen Gewässern lässt sich einerseits durch das Vorhandensein strömungsarmer Nischen erklären, andererseits durch morphologische Anpassungen der Organismen an die Strömung und durch spezifische Verhaltensmuster.

## Strömungsberuhigte Zonen

Eine starke bis reißend-turbulente Strömung herrscht vor allem in der fließenden Welle und an exponierten Oberflächen. Diese Bereiche sind Spezialisten mit entsprechenden morphologischen Anpassungen vorbehalten. Daneben bilden sich in naturbelassenen Gewässern mehr oder minder strömungsreduzierte Zonen, wie in seichten Buchten, unter und hinter Steinen, sowie im Kieslückenraum – für kleinste Organismen auch in einem hauchdünnen Wasserfilm an überströmten Oberflächen (Grenzschicht). Die so entstandenen Nischen bieten nicht nur schlechter an starke Strömung angepassten

Organismen Lebensraum, sondern dienen auch als Rückzugsgebiet für strömungsresistente Bewohner (z.B. bei Hochwasser). Viele Aufwuchsfresser beweiden nachts exponierte Steinoberflächen und verbringen den Tag in geschützten Bereichen, um Fressfeinden auszuweichen. Für das Leben im strömungsarmen Kieslückenraum sind wieder andere Anpassungsstrategien erforderlich.

## Totwasser und Kehrwasser

An der Leeseite (strömungsabgewandt) hinter Felsen und Steinen bilden sich Zonen mit Verwirbelungen und gegenläufiger Strömung (**Kehrwasser**), lokal sogar nahezu ruhige Bereiche (**Totwasser**). Dabei entsteht auch ein Unterdruck, der ein teilweises Ausgasen von Luft zur Folge hat.

Die verschieden ausgerichteten Kriebelmücken-Larven im Bild zeigen die Strömungsrichtung an. →





Koppe



Hinter großen, vor allem über die Oberfläche reichenden Hindernissen bilden sich entsprechend großflächig strömungsarme Bereiche, ein bevorzugter Aufenthalt von Bachforellen.

Diese Totwasserbereiche sind auch der Lebensraum von bodenlebenden Fischarten wie Koppen und Schmerlen. Sie sind schlechte Schwimmer und haben ihre Schwimmblase zurückgebildet.

Die Nahrung der vorwiegend nachtaktiven, in Gewässern der Forellen- und Äschenregion lebenden **Koppe** (*Cottus gobio*) besteht aus Bodentieren. Sie selbst ist eine beliebte Beute größerer Forellen.

Im Frühjahr bereitet das Männchen unter Steinen eine Bruthöhle vor, in die oft mehrere Weibchen ihre Eier ablegen, meist am Dach der Höhle. Sie werden bis zum Schlüpfen vom Männchen bewacht und betreut (siehe Bild).

Die Koppe reagiert besonders empfindlich auf eine Versiegelung des Bodens durch Sedimentation und Verschlammung.

Als schlechte Schwimmerin ist sie auch nicht in der Lage, künstliche Hindernisse wie Wehre zu überwinden.

← **Köcherfliegenlarven** suchen oft die Kanten der Leeseite überströmter Steine auf, wo sie vorbeidriftende Nahrungspartikel abfangen. In diesem Grenzbereich zwischen Strömung und ruhigeren Bereichen lassen sich die Vorzüge beider Nischen kombinieren.

## Strömungsarme Grenzschichten

Ein zweites, für das Leben kleinster Fließwasserbewohner entscheidendes physikalisches Phänomen ist die durch Reibungswiderstände verursachte Bildung strömungsarmer Grenzschichten: Unmittelbar an der Oberfläche von Steinen reduziert sich die Fließgeschwindigkeit gegen null, gleicht sich aber rasch wieder an die des Freiwassers an.

Diese hauchdünne Wasserhaut ist ein idealer Lebensraum für mikroskopisch kleine Organismen, die sich wegen der nahezu ruhenden Wasserschicht spezielle Anpassungen an die Strömung ersparen. An diesen exponierten Stellen etablieren sich vor allem einzellige Algen, die nicht nur mit viel Licht, sondern wegen der dünnen Grenzschicht auch optimal mit Nährstoffen versorgt werden. Der dichte Bewuchs mit Algen und Mikroorganismen zieht auch Konsumenten an, die den Aufwuchs abweiden. Die kleinsten unter ihnen nutzen ebenfalls den Vorzug der beruhigten Grenzschicht, größere ragen zunehmend in stärker durchströmte Bereiche und benötigen daher morphologische Anpassungen.

## Kieslückenraum

Wesentlich ruhigere Verhältnisse als an der Oberfläche herrschen in tieferen Schichten des Gewässerbodens, im Kieslückenraum (**Interstitial**).

Dieser mäßig durchströmte Lebensraum bietet in naturbelassenen Gewässern stabile Bedingungen bei ausreichender Wassererneuerung bzw. Sauerstoffversorgung. Durch übermäßige Ablagerung von Feinsediment und Schlamm wird dieser Lebensraum jedoch zunehmend unbewohnbar.



*Leuctra* sp.

Eingeschwemmte organische Partikel (Detritus) und der alle Oberflächen überziehende bakterielle Biofilm ist Grundlage einer arten- und individuenreichen Lebensgemeinschaft. Die dort lebenden **Kieslückenschlängler** (z.B. **Steinfliegenlarven** der Gattung **Leuctra**) sind vorwiegend klein und langgestreckt, um sich im engen Lückensystem fortbewegen zu können.

Im feinkörnigen Sediment von Flachlandflüssen leben die großen **Eintagsfliegenlarven** der Gattung *Ephemera*. Sie sind kräftig genug, um sich Gänge im Substrat zu graben.

Morphologisch hat sich die Larve von *Ephemera danica* an die grabende Lebensweise bestens angepasst und erinnert an eine Maulwurfsgrille:

Der ausgebuchtete Stirnrand, die spießförmigen Mundwerkzeuge und die verbreiterten Vorderbeine sind zu Grabwerkzeugen umgewandelt.

Die Verlagerung der federförmig verzweigten Kiemen auf die Oberseite des Hinterleibes soll die Verletzungsgefahr vermindern.

Die Entwicklung der Larven dauert zwei Jahre.



*Ephemera danica*



**Bachforellen beim Laichen.** Das Weibchen (Rogner, links im Bild) legt seine Eier in die Laichgrube, das Männchen (Milchner) besamt sie.

Durch den Schwellbetrieb in Flüssen (siehe S. 65) können potentielle Laichplätze kieslaichender Fische (z.B. Forellen, Äschen) oft nicht mehr genutzt werden oder der Laich fällt trocken.

Forelleneier im **Augenpunktstadium** knapp vor dem Schlüpfen der Larven. Durch die opake Eihülle schimmern die Augen.



Forellen und Äschen müssen ihre großen, dotterreichen Eier im Kies vergraben, damit sie nicht abgeschwemmt werden.

Nicht nur während der Embryonalentwicklung, sondern auch nach dem Schlüpfen bleiben die mit einem riesigen Dottersack ausgestatteten und daher wenig mobilen Larven im Untergrund. Erst wenn der Dotter aufgebraucht ist, reagieren sie phototaktisch positiv (wenden sich dem Licht zu) und steigen ins Freiwasser auf. Die gesamte Entwicklung der Bachforelle dauert je nach Temperatur drei bis fünf Monate.

Die kleinen Eier der Karpfenfische sind hingegen klebrig und bleiben an Steinen haften, bis innerhalb von etwa zwei Wochen die Larven schlüpfen.

Die **Dottersacklarven** der Bachforelle sind noch wenig pigmentiert. Das pulsierende Herz (roter Fleck hinter dem Kopf) und die Blutgefäße am Dottersack sind deutlich zu erkennen.



# Anpassungsstrategien an die Strömung

Sich den Herausforderungen starker Wasserströmung zu stellen bietet den Vorteil, Nahrungsressourcen in diesen Bereichen nutzen zu können. Vor allem der Bewuchs auf exponierten Steinoberflächen ist für viele Aufwuchsfresser (S. 40) attraktiv. Die mit starker Strömung verbundene Verdriftung wird einerseits durch eine **positive Rheotaxis** (Wanderung gegen die Stromrichtung), andererseits durch das Verhalten adulter Insekten zur Eiablage flussaufwärts zu fliegen (**Kompensationsflug**), ausgeglichen. Auch viele Fische ziehen zum Laichen stromaufwärts bzw. in Nebengewässer. Wehranlagen oder Absturzbauwerke erschweren oder unterbinden diese Wanderung und können zum völligen Verschwinden ganzer Populationen führen ( siehe S. 65).

Die **morphologischen Anpassungen an die Strömung** lassen sich auf vier prinzipielle Strategien reduzieren:

- der Strömung möglichst geringe Angriffsflächen zu bieten,
- sich am Untergrund festzuhalten,
- sich möglichst schwer zu machen und
- eine leistungsfähige Schwimmmuskulatur zu entwickeln (Fische).

## Abgeplatteter Körper

**Eintagsfliegenlarven** der Gattung *Epeorus*, *Rhithrogena* und *Ecdyonurus* schmiegen sich mit ihrem platten Körper eng an überströmte Oberflächen. Ein Borstensaum am breiten, flachen Kopfschild verhindert, dass Wasser unterhalb des Körpers eindringt und das Tier abhebt. Die schräg gestellten, platten Beinlieder mit einer scharfkantigen Vorderseite lenken das Wasser nach oben ab und dichte **Haarsäume** an der Hinterseite der Beine (siehe S. 10 und Umschlagseite 3) vermindern die Wirbelbildung und damit den Strömungswiderstand (S. 17). Die Larven bilden so mehr oder weniger eine Einheit mit dem Untergrund und die Strömungslinien bewegen sich zumindest teilweise darüber hinweg.

Die Eintagsfliegen-Larve  
*Rhithrogena austriaca* in der **Strömung**



Besonders kräftig sind die Haarsäume an den Extremitäten einiger Steinfliegenlarven wie bei *Perla grandis* (siehe Titelblatt). Sie unterstützen auch das Schwimmen, falls die Tiere von der Strömung losgerissen werden.

Die Larven der **Steinfliegen (Plecoptera)**, eine der ursprünglichsten Fluginsekten, reagieren sensibel auf Strukturänderungen in Fließgewässern. *Brachyptera trifasciata* (siehe S. 52), früher eine Massenart in größeren Flüssen, ist heute nur mehr äußerst selten anzutreffen.

Im Gegensatz zu den meisten Eintagsfliegenlarven haben Steinfliegenlarven nur zwei Schwanzfäden.

## Haftscheiben und Saugnäpfe

Eine perfekte Absicherung gegen Verdriftung bewirken Haftscheiben und Saugnäpfe.

Bei den Eintagsfliegenlarven der Gattungen *Rhithrogena* und *Epeorus* sind die ventralen Äste der segmental angeordneten Tracheenkiemen (S. 20) des Hinterleibes in breite Haftscheiben umgewandelt, vor allem die des ersten Kiemenpaares. Die einzelnen Scheiben überlappen sich und bilden einen einheitlichen Haftpolster, der selbst starker Strömung standhält.

*Epeorus alpicola* (in einer unnatürlichen Körperhaltung, bei der aber die ventralen Haftpolster der Kiemenäste gut sichtbar sind)



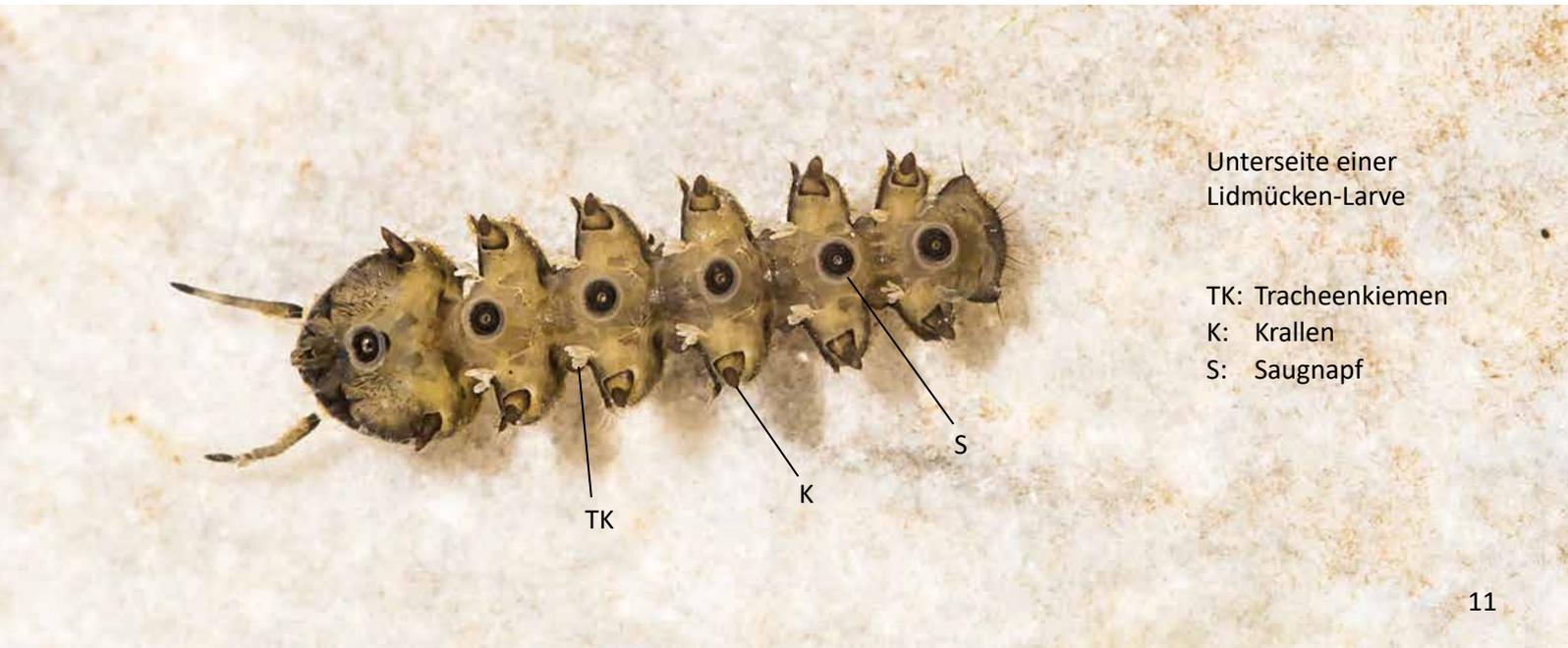


Die Larven der **Lidmücken** (Blephariceridae) haben ihre Haftscheiben zur Perfektion entwickelt. Sie erlauben ihnen, auf den am stärksten überströmten, glatten Felsen reißender Gebirgsbäche Halt zu finden und dort den Algenbewuchs abzuweiden. Mit sechs kräftigen Saugnäpfen halten sie sich am Untergrund fest. Ein äußerer Chitinring dient zur Abdichtung, der zentrale Zapfen wird angehoben und erzeugt so einen Unterdruck (Bild unten).

Der exponierte Standort erfordert eine derbhäutige Körperoberfläche als Schutz gegen mitgeführtes Sediment. Die Tracheenkiemen liegen daher an der Körperunterseite.

Die flachen Puppen der Lidmücken (siehe S. 31) scheiden eine Substanz ab, mit der sie sich am Felsen festkleben.

### *Liponeura cinerascens*



Unterseite einer  
Lidmücken-Larve

TK: Tracheenkiemen

K: Krallen

S: Saugnapf



Auch andere Flussbewohner nutzen das Prinzip der Vakuumpumpe, wenngleich ihre Saugnäpfe nicht so perfekt sind wie die der Lidmückenlarven.

Der typisch gezeichnete, bis zu 7 cm lange **Rollegel** (*Erpobdella octoculata*) bewegt sich mit einem Saugnapf am Hinterende spannerartig fort. Er erbeutet kleine Wassertiere oder ernährt sich von Aas. Rollegel kommen in mäßig belasteten Fließgewässern vor.

Die braunen, flachen **Kokons** des Rollegels sind an Steinen angeheftet. Die durchscheinende Hülle lässt die Embryonen erkennen (Pfeil).



Die träge **Flussnapfschnecke** (*Ancylus fluviatilis*) beweidet dicht mit Algen bewachsene Steine in der Strömung. Durch das mützenartige, stromlinienförmige Gehäuse und den am Grund festgesaugten Fuß hält sie der Strömung stand. Durch Heben des zentralen Fußteiles entsteht ein Unterdruck. Sie meidet stark eutrophe und durch Hochwasser instabile Gewässer.

Aufgrund ihrer geringen Aktivität und des sauerstoffreichen Wassers ist die Atmung über die Oberfläche des Weichkörpers ausreichend.

## Krallen

Es ist nicht überraschend, dass die Extremitäten der meisten Fließwassertiere mit kräftigen Krallen ausgestattet sind.

Die Krallen an den Stummelfüßen des ersten und vor allem des letzten Körpersegments (Nachschieber) bieten den wurmförmigen **Zuckmückenlarven** (Chironomidae) der Gattung *Diamesa* den nötigen Halt beim Abweiden der glatten Felsen in der reißenden Strömung von Gebirgsbächen.



Zuckmückenlarven  
*Diamesa latitarsis*-Gr.

Die nur wenigen Millimeter großen **Hakenkäfer** (Elmidae) haben kräftige Klammerbeine mit großen Krallen, mit denen sie sich am Grund von Fließgewässern fortbewegen, oft in Büscheln von Wassermoosen verborgen. Schwimmen können sie nicht.

Die meisten Arten ernähren sich von Algenaufwuchs oder Detritus, *Macronychus quadrituberculatus* hingegen von vermodertem Holz (xylophag).

Die Aufnahme von Sauerstoff erfolgt über ein Plastron (siehe S. 30) aus dicht stehenden, sehr kurzen, hakenförmigen Borsten an der Körperunterseite. Zusätzlich befindet sich unter den Flügeldecken ein Luftreservoir.



*Macronychus quadrituberculatus*

## Gehäuse als Schutz und Ballast

Die Larven vieler **Köcherfliegenfamilien** (Trichoptera) bauen mit Mundwerkzeugen und Vorderbeinen transportable Gehäuse aus Steinchen oder Pflanzenteilen, die sie mit Gespinstseide verweben.

Bei Arten in ruhigen Lebensräumen sind die Gehäuse zart und z.T. aus leichtem Pflanzenmaterial gebaut, in Gebirgsbächen hingegen massiv, um ein Losreißen vom Untergrund zu erschweren. Bei Gefahr können sich die Larven in das Gehäuse zurückziehen.



*Glossosoma conformis*



Die aus relativ großen Steinen gebauten Gehäuse der trägen **Glossosomatidae** gleichen unscheinbaren Steinhäufchen (im linken Bild drei Individuen), bzw. einem Schildkrötenpanzer. Die Öffnungen liegen vorne und hinten an der Unterseite, sodass die Larven im Verborgenen bleiben (im rechten Bild ist die Larve auf der Flucht und deshalb sichtbar).

Am Boden festgekrallt erlauben ihnen die schweren Gehäuse den Aufenthalt auf überströmten Steinen, wo sie in großer Zahl den Aufwuchs abweiden. In diesem exponierten Lebensraum verzichten sie auf Tracheenkiemen und nehmen Sauerstoff über die Körperoberfläche auf. Wird das Haus zu klein, muss ein neues gebaut werden. In dieser Zeit sind sie schutzlos ausgeliefert.



*Silo nigricornis*

Die ebenfalls strömungsliebenden **Goeridae** verarbeiten entlang der zentralen Längsachse des Köchers kleine Steinchen, seitlich hingegen sind große, flache Ballaststeine befestigt, die für eine bessere Stabilität in der Strömung sorgen.

Die typischen Weidegänger halten sich vorwiegend an den Strömungskanten von Steinen auf. Wie bei den meisten Arten wird nach jeder Häutung der Köcher vorne verlängert.

Vor der Verpuppung verschließen sie ihren Köcher mit einem großen Stein.



*Allogamus auricollis*



*Drusus discolor*

Andere Arten bauen gebogene Köcher (*Allogamus auricollis*) und Arten, die an weniger exponierten Stellen leben, verwenden neben Steinchen auch Pflanzenteile, die hochgerichtet oder schräg zur Hauptachse stehen (*Drusus discolor*). Beides dient dazu, den Rollwiderstand bei einer allfälligen Verdriftung zu erhöhen.

Es müssen nicht immer massive Gehäuse sein, um der Strömung standzuhalten: **Zuckmücken-Larven** (Chironomidae) bauen Wohnröhren aus Spinnfäden und Schwebeteilchen, die sie am Untergrund befestigen. Selten sind die Köcher transportabel.

Transportable Gespinströhre von *Psectrocladius obivius*



Auf Fels befestigte Gespinströhren von Zuckmückenlarven



## Spinnfäden



Die Larven der Fluss-Köcherfliege (*Rhyacophila torrentium*) verzichten auf eine schützende Behausung. Sie jagen am Grund schnell fließender Gewässer nach kleinen Wassertieren und halten sich mit kräftigen Krallen an Beinen und Nachschieber am Boden fest. Wie ein Kletterer in der Felswand befestigen sie immer wieder einen Spinnfaden am Untergrund. Werden sie einmal von der Strömung weggerissen, treiben sie am Faden frei im Wasser, bis sie durch schlängelnde Bewegungen wieder festen Boden unter den Beinen bekommen. Seitlich sitzen büschelförmige Tracheenkiemen.



Die Larven der **Kriebelmücken** (Simuliidae, siehe auch S. 45) bevorzugen Oberflächen, die der Strömung ausgesetzt sind. Mit einem Hakenkranz am Hinterleibsende und einem Kitt heften sie sich am Untergrund fest. Zusätzlich dient ein Spinnfaden als „Sicherungsseil“.

Zum Aufsuchen neuer Standorte lassen sie sich an diesem Faden hängend von der Strömung ein Stück weit forttragen.

Die erwachsenen Weibchen brauchen zur Eientwicklung Blut von Warmblütern und werden gelegentlich zur Plage (schmerzhafte Bisse mit starken Schwellungen). Bei Massenvorkommen kann es im Extremfall sogar zu Todesfällen beim Weidevieh kommen!

Fest am Untergrund verankert ist die **Zebra- oder Dreikantmuschel** (*Dreissena polymorpha*).

Mit ihren **Byssusfäden** (von Fußdrüsen gebildetes kollagenartiges Protein) heftet sie sich an allen Hartsubstraten (auch an Schiffskörpern) fest.

Diese eingeschleppte Art kommt in größeren Flüssen und Seen oft massenhaft vor (siehe auch S. 57).



## Stromlinienförmiger Körper

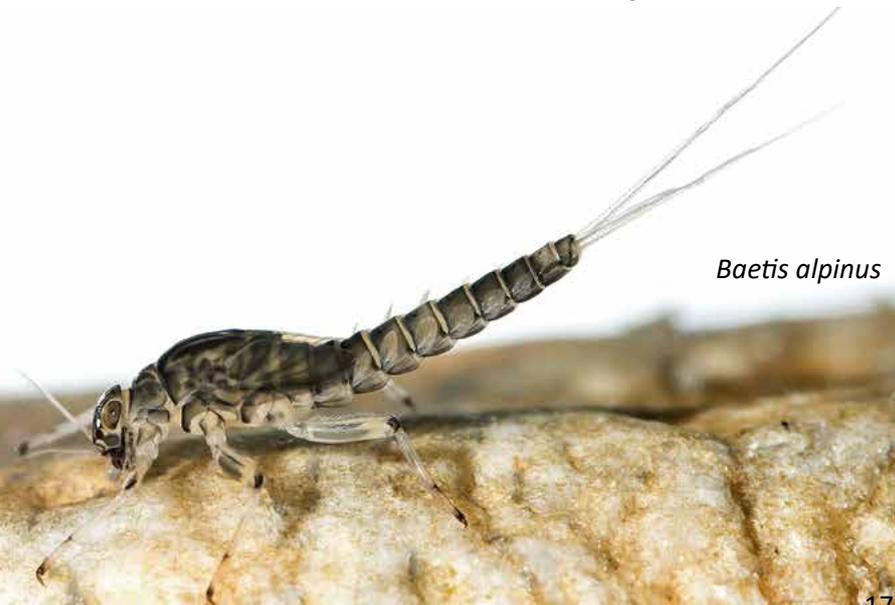
Organismen, die nicht ständig am Boden haften, sondern sich zumindest zeitweise im Freiwasser bewegen, haben eine andere Strategie entwickelt, um sich in der Strömung zu behaupten.

Der **Strömungswiderstand**, dem ein Körper ausgesetzt ist, setzt sich vor allem aus dem **Druckwiderstand** und in geringerem Ausmaß aus dem **Reibungswiderstand** zusammen. An der Oberfläche eines überströmten Körpers kommt es häufig zu Grenzschichtablösungen, die an der Rückseite zu Verwirbelungen und damit zu einem Druckabfall führen. Die daraus resultierende Druckdifferenz zwischen Vorder- und Hinterende wirkt der Schwimmbewegung entgegen.

**Spindel- und tropfenförmige Körper** mit einer abgerundeten Spitze und einem lang ausgezogenen Ende verhindern weitgehend die Wirbelbildung. Viele Fischarten in der Forellen- und Äschenregion nähern sich dieser Idealform (S. 58). Raue Oberflächen erhöhen zwar den Reibungswiderstand, vermindern aber die Gefahr der Ablösung von Grenzschichten.

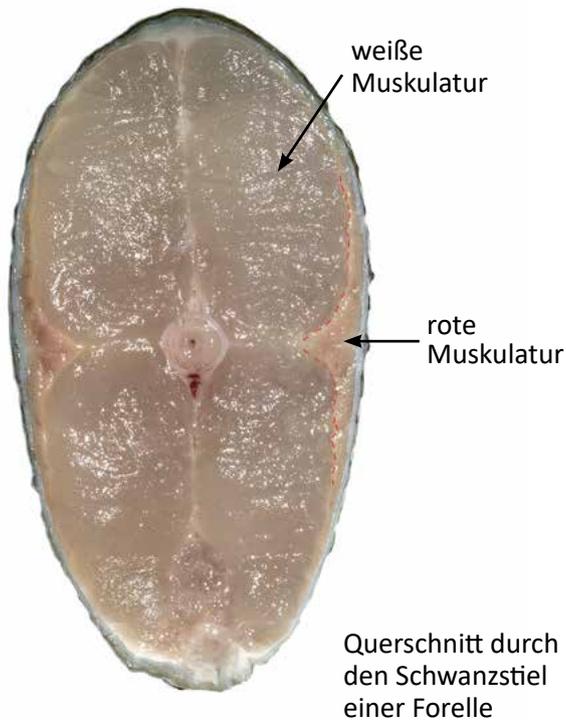
Eine tropfenförmige, strömungsoptimierte Gestalt weisen auch einige **Eintagsfliegenlarven** auf, die vorwiegend in Spalten zwischen Steinen und im Totraum leben und sich nur kurzfristig ins Freiwasser wagen, wie z.B. **Baetis-Arten**.

Mit Borsten besetzte Körperanhänge unterstützen die schlängelnden Schwimmbewegungen des Hinterleibes.



*Baetis alpinus*

## Leistungsfähige Schwimmmuskulatur bei Fischen



Um kontinuierlich gegen die Strömung zu schwimmen, benötigen Fische eine Muskulatur, die Energie aus oxidativen Stoffwechselprozessen gewinnt und daher nicht ermüdet. Diese roten, **aeroben** (mit Sauerstoff arbeitenden) Muskelfasern sind bei Fischen (im Gegensatz zu höheren Wirbeltieren) von der restlichen Muskulatur räumlich getrennt.

Die auch optisch als solche erkennbare **rote Muskulatur** (bräunlich nach dem Erhitzen des Fisches in der Pfanne) verläuft unterhalb der Seitenlinie (vor allem in den hinteren Körperabschnitten) und macht bei Forellen nur wenige Prozent der Gesamtmuskulatur aus.

Die Hauptmasse der Schwimmmuskulatur besteht hingegen aus der **anaerob** (ohne Sauerstoff) arbeitenden **weißen Muskulatur**. Da das Endprodukt dieses Stoffwechselweges nicht  $\text{CO}_2$  und Wasser, sondern Milchsäure ist, ermüdet (versauert) diese Muskulatur sehr rasch. Milchsäure wird später vom Körper mithilfe von Sauerstoff weiter zu  $\text{CO}_2$  und Wasser abgebaut.

Aufgrund der großen Masse ist die weiße Muskulatur für kurze Zeit sehr leistungsfähig und wird für Schwimmen mit hoher Geschwindigkeit eingesetzt wie z.B. auf der Flucht oder beim Beutefang.

## Regenerationsvermögen

Da es in einem Fließgewässer oft sehr turbulent zugeht und Schotter und Steine von der Strömung mitgerissen werden, ist auch die Verletzungsgefahr für die zwischen den Strukturen lebenden Organismen entsprechend groß. Die Fähigkeit zur Regeneration von Körperteilen ist daher von Vorteil wie bei den Extremitäten junger Eintagsfliegenlarven, die im Zuge der nächsten Häutung wieder nachgebildet werden.



Ein perfektes Regenerationsvermögen zeigen die ursprünglichen, zu den Plattwürmern zählenden **Planarien** (Strudelwürmer, siehe auch S. 48).

Ihr Bindegewebe enthält zahlreiche omnipotente Stammzellen (Neoblasten), die sich zu allen möglichen Körperzellen differenzieren können.

Selbst aus einem noch so stark zerstückelten Tier entsteht aus jedem Teilchen eine neue, vollwertige Planarie. Daher sind Planarien wichtige Modellorganismen in der Stammzellforschung.

Der **Alpen-Strudelwurm** (*Crenobia alpina*) lebt in Quellen und sauberen Gebirgsbächen.

# Atmungsstrategien



Tracheenkiemen einer Eintagsfliegenlarve (*Epeorus assimilis*)

Für Wasserorganismen ist schnell fließendes Wasser einerseits eine hydraulische Belastung, gegen die sie sich durch verschiedene Anpassungen behaupten müssen, andererseits erleichtert es die Versorgung mit Sauerstoff. Selbst in strömungs-armen Nischen ist das Wasser meist sauerstoffgesättigt und wird ständig erneuert.

## Hautatmung

Für kleine, dünne oder platte Tiere, also für solche mit relativ großer Oberfläche in Bezug auf ihr Volumen, genügt meist die Atmung über die gesamte Körperoberfläche (z.B. Egel, Planarien, Milben, Larven von Zuckmücken und Kriebelmücken). Die Verteilung des Sauerstoffs im Körper erfolgt über Diffusion bzw. über die Körperflüssigkeit, bei Insekten durch ein **Tracheensystem**.

**Tracheen** sind Einstülpungen der Haut, die sich fein verzweigen und den ganzen Körper durchziehen (siehe S. 21, Bild oben). Der Sauerstoff wird in diesem mit Luft gefüllten, starren Röhrensystem über Diffusion direkt und ohne Vermittlung über das Blut (Haemolymphe) an das Gewebe übertragen.

Es überrascht, dass selbst einige größere **Steinfliegenlarven** nur mit Hautatmung auskommen (teilweise unterstützt durch Atmung über den Enddarm). Ihr Überleben hängt daher von einer starken Wasserströmung ab.

Bei höheren Wassertemperaturen und in stehendem Wasser (wo sie nur ausnahmsweise vorkommen) versuchen sie durch wippende Körperbewegungen das Wasser an ihrer Körperoberfläche zu erneuern, um damit den Sauerstoffgradienten an der Grenzschicht zwischen Körper und Wasser möglichst hoch zu halten.



Die Steinfliegenlarve *Brachyptera seticornis* atmet über die Haut.

# Tracheenkiemen

In vielen Fällen reicht die normale Hautatmung nicht aus. Die respiratorische Oberfläche wird daher durch dünnwandige Hautausstülpungen – **Tracheenkiemen** – erweitert, in die feinste Tracheenäste führen (*Epeorus* auf S. 19). Bei vielen **Steinfliegenlarven** sind die fädigen Tracheenkiemen meist büschelförmig an unterschiedlichen Körperstellen angeordnet, je nach Art in der Halsregion, an den Beinansätzen oder am Hinterleib: *Protonemura* sp. (S. 39) und *Perla grandis* (Titelseite). Aber selbst bei Insektenlarven mit gut ausgebildeten Tracheenkiemen übernimmt die restliche Körperoberfläche einen mehr oder weniger hohen Anteil an der Sauerstoffversorgung.

In der Regel sind die Tracheenkiemen der Steinfliegenlarven unbeweglich, bei *Taeniopteryx kühtreiberi* hingegen sitzt an jeder Beinbasis eine einziehbare, schlauchartige Tracheenkieme.



Bei **Eintagsfliegenlarven** befinden sich die blatt- oder/und büschelförmigen Tracheenkiemen seitlich an den Hinterleibssegmenten (S. 19).

Arten, die in der starken Strömung von Gebirgsbächen leben, begnügen sich oft mit einer passiven Durchströmung der Tracheenkiemen (z.B. *Rhithrogena*, S. 21).

In weniger durchströmten Lebensräumen und besonders im Stillwasser werden die blattförmigen Tracheenkiemen aktiv bewegt, um den notwendigen Wasseraustausch an der Kiemenoberfläche zu erreichen.

*Baetis rhodani* mit blattförmigen, beweglichen Tracheenkiemen.



Die Eintagsfliegenlarve *Rhithrogena degrangei* mit büschelförmigen Tracheenkiemen. Zu beachten die fein verzweigten Tracheenäste an der Körperoberfläche.



Die Larven der **Großlibellen** (Anisoptera) haben ihre Tracheenkiemen in den Enddarm verlagert, der zu einem Kiemenraum mit Längsreihen von Kiemenblättchen erweitert ist.

Der Gasaustausch wird durch regelmäßiges Aus- und Einpumpen von Wasser ermöglicht. Durch kräftigen Wasserausstoß kann dieses System (nach dem Rückstoßprinzip) auch zum Schwimmen verwendet werden.

Gut getarnt und großteils im Kies warmer Bäche vergraben (z.B. Seenausritt), lauert die träge Larve der **Kleinen Zangenlibelle** (*Onychogomphus forcipatus*) auf Beute. Ihre Entwicklung dauert meist drei Jahre. Zur Metamorphose kriecht sie ans Ufer (S. 52). →



Die zarten Larven der **Kleinlibellen** (Zygoptera) atmen über die Haut und über drei blattförmige Kiemenlamellen am Körperende, die gut mit verzweigten Tracheen versorgt sind.



Die Larven der **Gebänderten Prachtlibelle** (*Calopteryx splendens*) bewohnen warme Gewässer mit mäßiger Fließgeschwindigkeit (z.B. Seeausrinn).

Larven, die zum Schutz vor Räubern in selbst gefertigten Röhren leben, müssen für eine ausreichende Wasserzufuhr in ihre Behausungen sorgen.

Zuckmückenlarven (S. 15) erzeugen in den aus Spinnseide und Schlammteilchen gebauten Röhren den Wasseraustausch durch schlängelnde Körperbewegungen. Neben der Versorgung mit Sauerstoff werden durch den Wasserstrom auch kleine Nahrungspartikel angesaugt.

Dasselbe Prinzip findet man bei **köchertragenden Köcherfliegenlarven**, die durch wellenförmige Bewegungen des Körpers den Wasserfluss in der Röhre aufrecht erhalten, um die fadenförmigen Tracheenkiemen (TK) zu versorgen. Dabei verspreizen sie sich in ihrem Köcher durch einen mit Körperflüssigkeit (Haemolymphe) aufpumpbaren **Höcker** (Pfeil).

Köcherfliegenlarve (*Allogamus auricollis*, Köcher entfernt)



Der Stoffwechsel und damit der Sauerstoffbedarf der Puppenstadien von Köcherfliegen ist zwar niedrig, die Versorgung mit Sauerstoff im fast geschlossenen Steinpanzer bedarf aber besonderer Vorkehrungen (siehe S. 54).



## Atmen im sauerstoffarmen Milieu



*Potamanthus luteus*

Kritisch ist die Sauerstoffversorgung bei verborgener Lebensweise im Sediment und besonders im Schlamm. Die Larven der in langsam fließenden **Flachlandflüssen** grabenden Eintagsfliege *Ephemera danica* (S. 7) und des auf schlammigem Grund lebenden ***Potamanthus luteus*** (Bild oben) haben daher lange, federförmig verzweigte Tracheenkiemen.

In schlammigen Buchten langsam fließender Gewässer oder in Staubereichen kann es zu einer massiven Sauerstoffzehrung kommen. **Schlammröhrenwürmer** (*Tubifex*) oder **Zuckmückenlarven** (*Chironomus*, S. 24) kompensieren diesen **Sauerstoffmangel** einerseits durch Körperbewegungen, um den Diffusionsgradienten möglichst groß zu halten, andererseits durch Bindung und Transport von Sauerstoff durch Haemoglobin in der Haemolymphe. Im Notfall können diese Tiere zeitweise auch ohne Sauerstoff überleben: Sie schalten dann ihren Stoffwechsel auf **anaerobe Prozesse** um und schränken ihre Aktivität auf das Lebensnotwendigste ein. Die eingegangene **Sauerstoffschuld** wird später „zurückgezahlt“, indem die noch hochwertigen Produkte des anaeroben Stoffwechsels mithilfe von Sauerstoff weiter zu CO<sub>2</sub> und Wasser abgebaut werden.

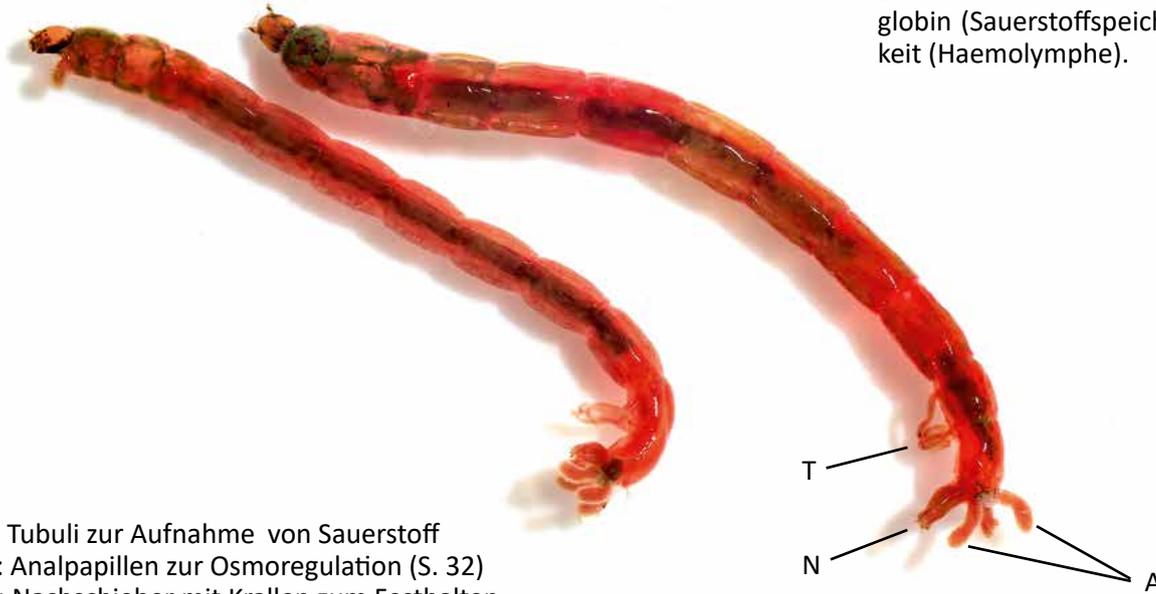
Den **Schlammröhrenwurm** (*Tubifex tubifex*) findet man im Schlamm langsam fließender Gewässer mit reichem organischen Material. Sein Vorderkörper steckt im Sediment, das schlängelnde Hinterende ragt aus einer mit Schleim und Schlammpartikeln geformten Röhre. Als Atmungsorgan dient vor allem der stark durchblutete Enddarm, der kontinuierlich mit Wasser gespült wird. Die Länge des ins Freiwasser ragenden Körpers und die Intensität der Schlängelbewegungen richten sich nach dem Sauerstoffgehalt des Wassers. →



## „Blutkiemen“

Fische, Amphibienlarven, Krebse, einige Weichtiere und einige Larven von Zweiflüglern (Diptera) nehmen Sauerstoff über dünnhäutige Kiemen auf. Für den Sauerstofftransport von den Kiemen zum Gewebe ist (im Gegensatz zu Tracheenkiemen) der **Blutkreislauf** verantwortlich, wobei **respiratorische Pigmente** (Haemocyanin bei Weichtieren und Krebsen, Haemoglobin bei Wirbeltieren und einigen Zuckmückenlarven) als Überträger fungieren. Sind die Kiemen im Inneren des Körpers verborgen, sind Pumpmechanismen erforderlich, die die Atmungsorgane mit frischem Wasser versorgen (Flusskrebs, Fische, Kaulquappen).

Hautausstülpungen (**Tubuli**) am Körperende von **Zuckmückenlarven** in sauerstoffarmen Lebensräumen dienen als einfache Kiemen. Die rote Farbe der Tiere stammt vom Haemoglobin (Sauerstoffspeicher) in der Blutflüssigkeit (Haemolympe).



**Zuckmückenlarve**  
(*Chironomus riparius*)

**T:** Tubuli zur Aufnahme von Sauerstoff  
**A:** Analpapillen zur Osmoregulation (S. 32)  
**N:** Nachschieber mit Krallen zum Festhalten

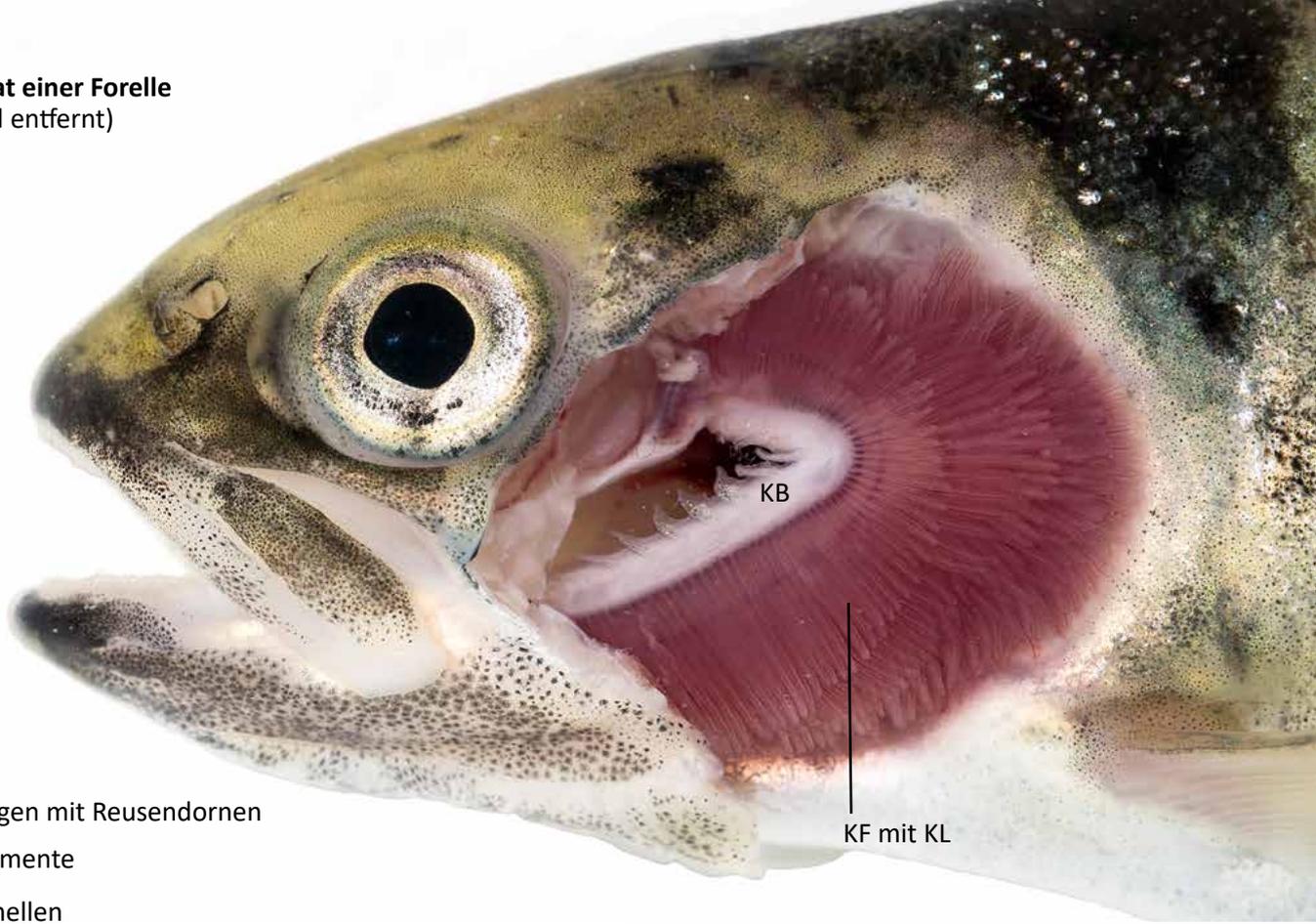
Die **Kiemen der Fische** sind ein **multifunktionales Organ**, das nicht nur dem Gasaustausch ( $O_2$  und  $CO_2$ ) dient, sondern auch für Ionenregulation und Exkretion (Ammoniak) zuständig ist (siehe S. 32). Damit übernehmen die Kiemen auch Nierenfunktionen.

Schädigungen der Kiemen durch Schadstoffe beeinträchtigen daher nicht nur die Atmung, sondern auch andere wichtige Stoffwechselfvorgänge.

Auf vier Paar **Kiemenbögen** (mit Reusendornen, die die Nahrungsaufnahme unterstützen und daher ernährungsspezifisch ausgebildet sind) sitzen kammförmig angeordnet lange **Kiemenfilamente** auf denen senkrecht dazu zarte **Kiemenlamellen** stehen (S. 25).

Die Effizienz des Gasaustausches ist besonders hoch, weil der Blutstrom in den dünnwandigen Lamellen gegen den Wasserstrom gerichtet ist. Je nach Art und Lebensweise der Fische beträgt die respiratorische Oberfläche der Kiemen 2-13  $cm^2$  pro Gramm Körpergewicht.

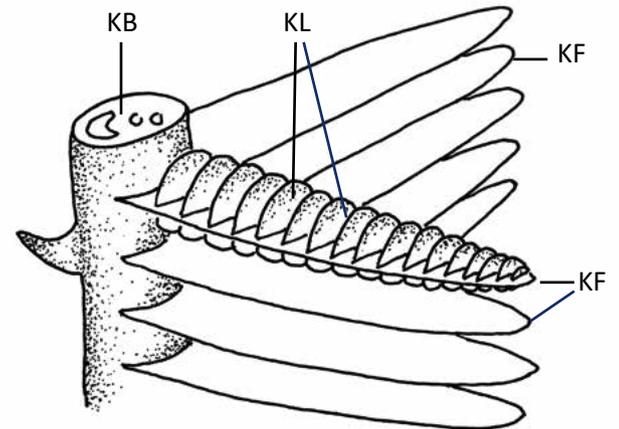
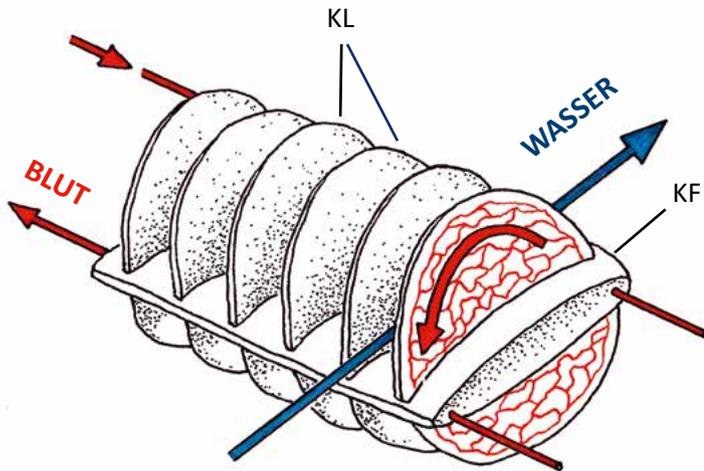
**Kiemenapparat einer Forelle**  
(Kiemendeckel entfernt)



**KB:** Kiemenbogen mit Reusendornen

**KF:** Kiemenfilamente

**KL:** Kiemenlamellen



## „Luftatmung“

Alternativ zur Aufnahme des im Wasser gelösten Sauerstoffs ist die Nutzung gasförmigen Sauerstoffs.

Diese Strategie findet man vor allem in stehenden Gewässern und nur bedingt im Fließwasser, weil ein periodisches Auftauchen zum Atmen ein Abdriften zur Folge hätte. Der Lebensraum für „Luftatmer“ in Fließgewässern beschränkt sich daher im Allgemeinen auf beruhigte Zonen oder auf Bereiche mit dichtem Moos- oder Algenbewuchs, wo sich die Tiere nahe der Oberfläche festhalten können. Unter speziellen morphologischen Voraussetzungen kann allerdings auch unter Wasser gasförmiger Sauerstoff genutzt werden ohne auftauchen zu müssen (Plastronatmung, siehe S. 30).

Im Gegensatz zum geschlossenen Tracheensystem der Insekten, die über Haut und Tracheenkiemen den im Wasser gelösten Sauerstoff aufnehmen, weist das Tracheensystem „luftatmender“ Insekten Atmungsöffnungen (**Stigmen**) nach außen auf.

Die **Lebensgemeinschaft auf der Wasseroberfläche** bezeichnet man als **Epineuston**. Die Tiere nutzen einerseits die physikalischen Eigenschaften des **Oberflächenhäutchens**, andererseits die **hydrophobe** (wasserabweisende) **Oberfläche** ihrer Extremitäten, um sich auf der Wasseroberfläche zu bewegen, ohne unterzugehen.

Der **Bachläufer** (*Velia caprai*, Bild unten), eine Wanze, lebt an der Wasseroberfläche langsam fließender Bäche. Am Uferrand lauert er auf vorbeitreibende Beute, die er mit raschen Beinbewegungen ansteuert, ergreift und aussaugt. Beschleunigt wird seine Fortbewegung, wenn er Speichelsekret auf die Wasseroberfläche aufträgt, das sich durch Herabsetzen der Oberflächenspannung blitzartig ausbreitet und ihn nach vorne katapultiert (**Spreitungsschwimmen**). Im Gegensatz zu Wasserläufern (*Gerris* sp.) kann der Bachläufer gelegentlich untertauchen.



Bachläufer



Bach-Taumelkäfer

An ruhigen Stellen fließender Gewässer zieht der vorwiegend nachtaktive **Bach-Taumelkäfer** (*Orectochilus villosus*) in rasender Geschwindigkeit seine ungerichtet erscheinenden Spiralbewegungen an der Wasseroberfläche – und das trotz seiner nur kurzen Beinchen. Dafür schlagen die Hinterbeine 50-60 Mal in der Sekunde, die mittleren Beine langsamer.

Tagsüber versteckt er sich am Uferrand oder, eingehüllt in einer Luftblase, unter Wasser. Die Facettenaugen des Taumelkäfers sind in zwei Unterwasser- und zwei Oberwasseraugen geteilt.

Die durch eigene Schwimmbewegungen erzeugten Wellen reflektieren an Objekten der Wasseroberfläche und werden von einem Sinnesorgan in den kurzen Antennen (Fühlern) registriert. Der Bach-Taumelkäfer ernährt sich von Insekten, die ins Wasser fallen.

*Dixa puberula*



Larven der **Tastermücken** (Dixidae), die den Wassersaum von Fließgewässern und von überrieselten Felsen bewohnen, zeigen ein eigenwilliges Verhalten:

Der U-förmig gebogene Körper befindet sich an Land, der unbenetzbare Stigmenanhang am Körperende hängt am Oberflächenhäutchen (Stigmen = Atmungsöffnungen). Nur der Kopf, dessen Mundwerkzeuge kleine Nahrungspartikel filtrieren, ist untergetaucht.

Gerät die Larve auf die freie Wasseroberfläche, beeilt sie sich, durch zuckende Bewegungen mit der Körpermitte voraus, ans Ufer zu schwimmen. Aufgrund ihrer hydrophoben (wasserabweisenden) Oberfläche geht sie nicht unter.

Der **Klauenkäfer** (*Dryops* sp.), dessen Oberfläche von einem dichten Pelz steifer Borsten bedeckt ist, ernährt sich von zerfallenden Pflanzenresten am Ufer von Gewässern. Falls er einmal untertaucht, bleibt die Luft zwischen den Borsten haften. Um nicht wie ein Korke an die Oberfläche gerissen zu werden, muss er sich mit seinen kräftigen Krallen am Untergrund festhalten.

Klauenkäfer im Trockenen



Der untergetauchte Klauenkäfer ist von einer Luftblase umschlossen, nur die Beine sind frei.



Das **Hyponeuston** umfasst die **Lebensgemeinschaft unmittelbar unter der Wasseroberfläche**. Hier findet man vor allem Larven verschiedener Mücken und Fliegen (**Schmetterlingsmücken, Schnaken, Waffenfiegen**), die im Uferbereich, auf überrieselten Felsen oder an durchströmten, mit Wassermoosen bewachsenen Stellen die meiste Zeit mit ihrem hydrophoben Borstenkranz am Hinterleibsende an der Wasseroberfläche hängen. Dadurch bleibt ihre endständige Atmungsöffnung unbenetzt und sie können ungehindert atmen. Um nicht abgeschwemmt zu werden, müssen sie sich an Pflanzen festhalten, wo sie nach Nahrung suchen. Wenn sie untertauchen, nehmen sie mithilfe des Borstenkranzes eine kleine Luftblase mit nach unten, von der sie einige Zeit lang zehren (siehe S. 29).

Die Larven der **Schmetterlingsmücken** (Psychodidae) findet man nicht nur im Waldboden und in Abwässern, sondern auch in Gebirgsbächen, wo sie in überrieselten Moospolstern oder im Spritzwasserbereich leben. Mit den steifen Borsten, die ihren Körper bedecken, verankern sie sich zwischen den Pflanzen. Die Nahrung besteht aus Detritus (zerfallende organische Substanz).

← Schmetterlingsmücken-Larve (**Berdeniella helvetica-Gr.**), untergetaucht mit einer Luftblase, die vom Borstenkranz eingeschlossen wird.

Auch die Larven der derbhäutigen **Waffenfiegen** (Stratiomyidae) findet man in überrieselten Algen- und Moospolstern. Untergetaucht, verschwindet ein Teil der mitgenommenen Luftblase in einer Respirationkammer.

Die Nahrung besteht aus Detritus, Algen und Laub, die sie im Schlund mit einem Mahlzahn und einer „Reibschale“ zerkleinern.



**Oxycera sp.** (Waffenfliegenlarven) beim Atmen an der Wasseroberfläche

*Berdeniella helvetica-Gr.:*  
Der entfaltete Borstenkranz hängt am Oberflächenhäutchen des Wassers.

# Physikalische Kieme

Tauchende Insekten kommen mit einer Luftblase, die sie nach unten nehmen, bis zu acht Mal länger aus, als dies durch das Volumen der Blase zu erklären ist, da die Luftblase als „physikalische Kieme“ funktioniert.

Das Insekt entnimmt der Luftblase Sauerstoff und gibt dafür Kohlendioxid ab, das aufgrund seiner guten Wasserlöslichkeit sofort in das Wasser diffundiert. Die Folge ist eine Verschiebung der Partialdrücke in der Blase: der Partialdruck von Sauerstoff nimmt ab, der von Stickstoff nimmt zu.

Um das Gleichgewicht innerhalb der Blase wieder herzustellen, diffundiert Sauerstoff vom Wasser in die Blase und Stickstoff von der Blase ins Wasser.

Da Stickstoff wegen seiner geringeren Löslichkeit etwas langsamer diffundiert als Sauerstoff, verkleinert sich die Luftblase nur allmählich und liefert dem Insekt eine Zeit lang weiteren Sauerstoff aus dem Wasser.

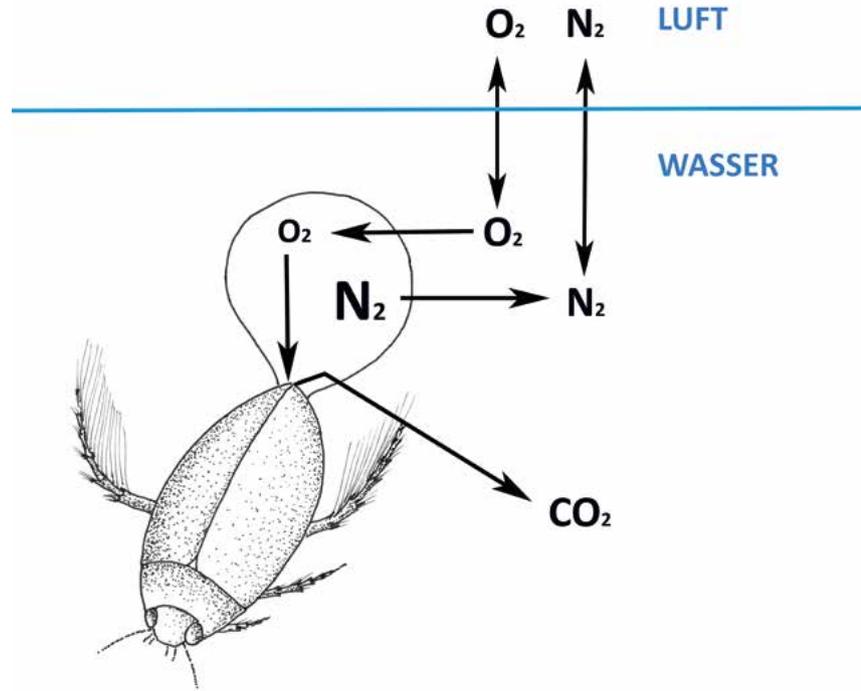
Weil mit zunehmender Tauchtiefe der Druck in der Blase steigt, geht bis zum Ausgleich mit der Umgebung zunächst auch Sauerstoff verloren. Daher verringert sich die Effektivität der physikalischen Kieme, je tiefer das Insekt taucht.

Nachteilig wirkt sich auch eine geringe Sauerstoffsättigung im Wasser aus.

Andererseits kann durch Ventilieren der Luft zwischen dem Tracheenraum und der Luftblase eine verbesserte Ausnutzung erzielt werden.

Der Lebensraum aquatischer Käfern aus verschiedenen Familien ist auch im adulten Stadium unter Wasser, sie müssen aber regelmäßig an die Wasseroberfläche, um ihren nach unten transportierten Luftvorrat zu erneuern. Aus diesem Grund findet man sie hauptsächlich in stehendem Wasser, einige kommen auch in langsam fließenden Gewässern vor, wie die nur wenige Millimeter großen **Wassertreter** (*Haliphus* sp.). Sie speichern eine Luftblase zwischen den Flügeldecken und den plattenförmigen Hinterhüften.

Die Nahrung der Wassertreter besteht vorwiegend aus Algen, z.T. auch aus kleinen Wassertieren.



Wassertreter

## Plastronatmung – inkompressible Gaskieme

Das Atmen über eine physikalische Kieme hat u.a. den Nachteil, dass die Mitnahme einer Luftblase unter Wasser mit Auftrieb verbunden ist. Die Insekten müssen entweder aktiv dagegen rudern oder sich an Unterwasserstrukturen festhalten. Das System der physikalischen Kieme kann perfektioniert werden, wenn Luft an speziell gestalteten Oberflächen gefangen und inkompressibel (nicht zusammenpressbar) wird und dadurch permanent bestehen bleibt. Man spricht dann von einem **Plastron**. Da das Volumen der Gasblase konstant bleibt, entsteht durch Entnahme von Sauerstoff ein Unterdruck. Dieser beschleunigt die Regeneration von Sauerstoff aus dem Wasser.

Der Vorteil besteht nicht nur darin, dass sich die Tiere ein regelmäßiges Auftauchen ersparen, was ein Leben in starker Strömung ausschließt, auch der lästige Auftrieb fällt aufgrund des sehr dünnen Luftfilms kaum ins Gewicht.

Als **Plastron** dienen dichte Felder mikroskopisch kleiner **Borsten (Microtrichia)** (Grundwanze, Hakenkäfer, siehe S. 13) oder spezielle poröse **Cuticula Strukturen** (Hautstrukturen) wie bei Puppen von Kriebelmücken und Lidmücken oder bei Insekteneiern. An diesen wasserabweisenden Borstenfeldern bzw. Hautstrukturen bleibt ein dünner, inkompressibler Luftfilm haften.

Plastronatmung findet man hauptsächlich bei Tieren in fließendem Wasser, weil in diesem Lebensraum ein weiteres physikalisches Phänomen ausgenutzt werden kann: Wie bereits auf S. 5 erwähnt, entsteht hinter überströmten Strukturen ein **Unterdruck**, der einerseits die Aufnahme von Sauerstoff erleichtert, andererseits gast Luft aus, die zum Teil vom Plastron „eingefangen“ wird. Dadurch ist dieses System im Fließwasser hoch effizient und die Plastronfläche kann klein gehalten werden.



Der Körper der **Grundwanze** (*Aphelocheirus aestivalis*) ist großteils mit einem samtartigen Pelz von 2-4  $\mu\text{m}$  langen Microtrichia überzogen (bis zu vier Millionen Härchen pro  $\text{mm}^2$ ), der einen hauchdünnen, im strömenden Wasser sich ständig erneuernden und mit den Stigmen in Verbindung stehenden Luftfilm einschließt. Ein Druck von 3-5 bar wäre nötig, um die im Borstenfeld eingeschlossene Luft zu verdrängen. Den Larven genügt die Hautatmung.

Die sehr versteckt lebenden Grundwanzen findet man auf kiesig-sandigen Böden sauerstoffreicher, größerer Fließgewässer.

Erbeutete Wassertiere werden mit dem langen Stechrüssel ausgesaugt.

Die **Puppen der Lidmücken** (Blephariceridae) leben wie ihre Larven (S. 11) auf stark überströmten Felsen. Zwei nach schräg oben abstehende „Hörner“ (**Spirakulumkiemen**) wirken als Wirbelkörper, hinter dem ein Unterdruck entsteht, der die Löslichkeit von Gasen im Wasser erniedrigt. Dadurch bilden sich feinste Luftbläschen, die sich am Plastron der aus vier Lamellen bestehenden Spirakulumkieme fangen und die Puppe mit Sauerstoff versorgen.

Spektakulär ist der Schlüpfakt zur adulten Mücke in reißender Strömung. Das Tier schlüpft aus der Puppenhülle und versucht durch die dünne Fließwasserschicht an die Oberfläche zu gelangen, ohne mit den Beinen die Puppenhülle loszulassen. Erst wenn die Flügel entfaltet sind, löst sich die Mücke und fliegt davon.

Die männlichen Mücken ernähren sich von Nektar, die Weibchen saugen an weichhäutigen Insekten.



*Liponeura cinerascens*

Plastronatmung findet man auch bei **Puppen der Kriebelmücken** (Simuliidae). Aus tütenförmigen Kokons, die strömungsabgewandt geöffnet sind, ragen am Kopf sitzende dünne Schläuche mit einer dreischichtigen Wand. Die mittlere Schicht bildet luftgefüllte Kavernen, die von dünnen Säulen gestützt werden und über Poren mit dem Wasser in Verbindung stehen. Durch turbulenzbedingten Unterdruck hinter dem Kokon verringert sich die Gaslöslichkeit, wodurch sich die Luft in den Kavernen laufend erneuert.



*Simulium ornatum*



*Simulium argyreatum*

# Osmoregulation

Süßwasserorganismen haben das generelle Problem, dass ihre Körperflüssigkeit mindestens 100mal höher konzentriert ist als das Milieu, in dem sie leben. Das hat zur Folge, dass einerseits Wasser in den Körper einströmt und andererseits Ionen aus dem Körper verloren gehen. Nur eine dicke bzw. wenig durchlässige Oberfläche (Käfer bzw. Schlammfliegenlarven) reduziert diese Ausgleichsprozesse. Auch die Umhüllung des Tieres mit einer Luftblase (S. 27) oder die Erzeugung eines hohen Innendruckes (Turgor) im Kokon der Flussköcherfliege (S. 54) verhindern den Wassereinstrom.

Die Notwendigkeit einer **Osmoregulation** (Aufrechterhaltung der inneren Ionenkonzentration) ist nicht zuletzt auch eine Folge der Atmung unter Wasser. Die oft großen Oberflächen der Atmungsorgane müssen zu diesem Zweck dünn und durchlässig sein. Über diese Organe strömt daher Wasser ein und es gehen vor allem bei der Ausscheidung des überschüssigen Wassers Ionen verloren. Besonders belastend ist die Situation für Fließwasserorganismen, deren Umgebung sich laufend erneuert.

Um diese unerwünschten Prozesse zu kompensieren, bedarf es Mechanismen, die einerseits das überschüssige Wasser ausscheiden (Niere bei Fischen oder die in den Darm mündenden Malpighischen Gefäße bei Insekten), andererseits verloren gegangene Ionen durch energieverbrauchende Prozesse (**Ionenpumpen**) wieder zurückholen, um das lebensnotwendige Ungleichgewicht zwischen innen und außen aufrecht zu erhalten.

Verstreut liegende **Chloridzellen** (ionenresorbierende Zellen) oder ganze **Chloridepithelien** finden sich an vielen Oberflächen wie an den dorsalen Hinterleibssegmenten von Köcherfliegenlarven, im Bereich der Kiemen (Fische, Eintagsfliegen) oder auch im Enddarm (Libellen). Bei Zweiflüglern und einigen Köcherfliegen sind ausstülpbare **Analpapillen** osmoregulatorisch tätig (S. 24). Besonders auffällig sind diese bei aquatischen **Schnakenlarven** (Tipulidae).

Schnakenlarve (*Tipula* sp.)



Am **Hinterleibsende der Schnakenlarve** stehen neben sechs beborsteten Fortsätzen (schwarzer Pfeil), die die Sauerstoffaufnahme an der Wasseroberfläche unterstützen, lange **Analpapillen** (roter Pfeil).

Zusammen mit den beiden Atemöffnungen (dunkle Kreise) entsteht der Eindruck einer „Teufelsfratze“. →

Die Körperoberfläche der Larven der **Schlammfliege** (Sialidae, Ordnung Großflügler) ist mit einer 0.1 µm dicken Lipidschicht (Fettschicht) überzogen, wodurch der Körper weitgehend wasserundurchlässig wird. Der geringfügige Verlust an Ionen wird über die Nahrung wettgemacht.

Die räuberischen Larven leben während ihrer zweijährigen Entwicklungszeit in schlammigen, sauerstoffarmen Gewässern, an die sie sich durch lange, schlauchförmige Kiemen angepasst haben. ↓



*Sialis lutaria*

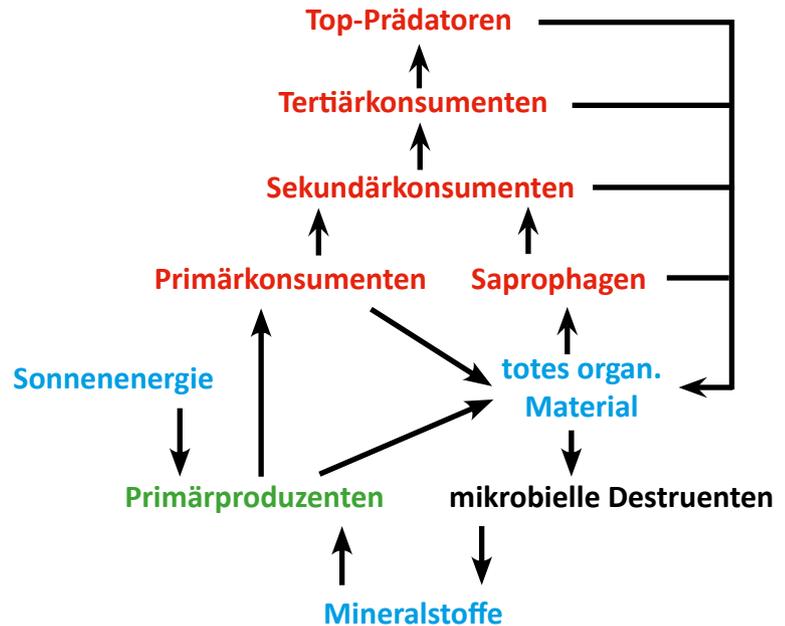
# Nahrungsnetze

Nahrungsnetze bestehen aus einem komplexen Zusammenwirken mehrerer Nahrungsketten.

Ausgangspunkt der Nahrungsnetze sind **Primärproduzenten**, die aus Mineralstoffen und Sonnenenergie organische Bausteine und Sauerstoff produzieren. In den kalten Gebirgsbächen sind dies vor allem Algen, erst in wärmeren und langsam fließenden Niedrigungsgewässern spielen auch höhere Pflanzen eine Rolle.

Genauso bedeutend sind **mikrobielle Destruenten** (Bakterien, Pilze), die totes organisches Material zu Mineralstoffen abbauen und damit den Kreislauf zu den Primärproduzenten wieder schließen.

In kalten Fließgewässern leben Destruenten vor allem von allochthonem (vom Land eingetragenem) Substrat (z.B. Falllaub). Beide, Produzenten und Destruenten, sind direkt oder indirekt **Nahrungsgrundlage für Konsumenten**, die sich in mehrere trophische Ebenen aufteilen:



Vereinfachte Darstellung eines Nahrungsnetzes

**Primärkonsumenten** ernähren sich von Pflanzenteilen und **Saprophagen** von totem organischen Material. Sie werden ihrerseits Beute von **Sekundärkonsumenten**, die wiederum **Tertiärkonsumenten** zum Opfer fallen. An der Spitze der Nahrungspyramide steht der **Top-Predator** (z.B. große Forellen, Reiher). In der Realität ist diese theoretische Klassifizierung der Konsumenten mehr oder weniger stark verschwommen – viele Arten gehören mehreren Trophieebenen an. Entfernt man ein Glied aus diesem Nahrungsnetz, kann es zu Störungen kommen und es muss sich ein neues Gleichgewicht einstellen.

Die folgenden **drei Nischen** in einem Fließgewässer weisen aufgrund der Verfügbarkeit von Nahrung die höchsten Besiedlungsbemühungen auf:

**1. Oberflächen großer Steine und Felsen** sind zwar höchsten Strömungen ausgesetzt und die strömungsberuhigte Grenzschicht ist extrem dünn, trotzdem (bzw. gerade deswegen) werden diese Flächen von Mikroorganismen und Algen und in Folge von Tieren bevorzugt besiedelt (S. 6). Die Nahrungsnetze profitieren von der autochthonen (vom Gewässer stammenden) Primärproduktion.

**2. Die strömungsarmen Totbereiche** hingegen „leben“ von der Ansammlung allochthoner (von außerhalb des Gewässers stammender) Nährstoffe (z.B. Falllaub), die die Grundlage einer komplexen Lebensgemeinschaft bilden (S. 5).

**3. Der Vorteil des Kieslückensystems** liegt in den stabilen Umweltbedingungen, der Anreicherung von Detritus und der Bildung eines Biofilms an Oberflächen. Klein- und Kleinstlebewesen entwickeln hier eine große Vielfalt und Biomasse (S. 7).

Die durch Strömung häufig umgelagerten, bewuchslosen Schotterflächen sind aufgrund der Dynamik in diesem Bereich vergleichsweise dünn besiedelt.

## Primärproduzenten

Die **Goldalge** (*Hydrurus foetidus*) bildet auf Steinen bis zu 20 cm lange, braune Gallertschläuche, in die zahlreiche Algenzellen eingebettet sind.

Die in den Wintermonaten auffallenden, dichten Bestände sind u.a. ein wichtiger Lebensraum für Zuckmückenlarven (S. 55). Die kälteliebende Art verschwindet mit zunehmender Erwärmung bzw. Tageslänge.

Goldalgen sind trotz ihrer Unansehnlichkeit und des unangenehmen Geruchs keineswegs Anzeichen einer Nährstoffbelastung, sondern zeigen saubere, nährstoffarme Verhältnisse an.



Unter den **Grünalgen** fallen in erster Linie fädige Arten auf, die in nährstoffreichen Gewässern oft große Flächen überwuchern. In Fließgewässern sitzt **Cladophora glomerata** auf Steinen fest und bildet lange, verzweigte Fäden.

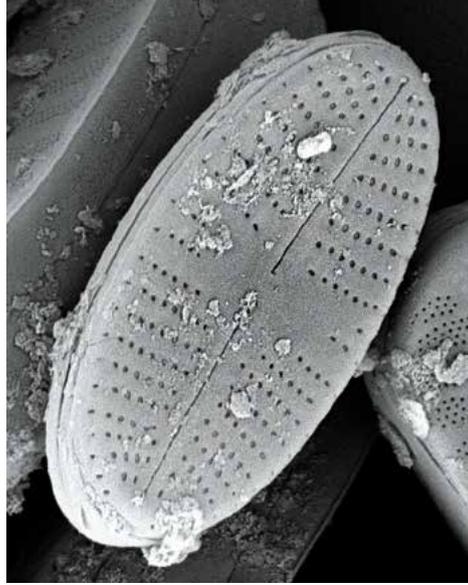


Die **Borsten-Rotalge** (*Lemanea fluviatilis*) gilt als Leitorganismus der Forellenregion. Sie kommt vor allem in kalten, schnellfließenden Bergbächen vor und ist durch Wasserausleitungen (verminderte Fließgeschwindigkeit) gefährdet.





Zuckmückenlarven beim Abweiden des gelbbraunen Kieselalgenbelages.



Elektronenmikroskopische Aufnahme von *Psammothidium grischunum*, einer benthischen Kieselalge in Gebirgsbächen.

Die mikroskopisch kleinen, einzelligen, oft kolonienbildenden **Kieselalgen (Diatomeen)** überziehen sonnenexponierte Steine mit einem dünnen, bräunlichen Belag und können eine Dichte von einer Million Individuen pro  $\text{cm}^2$  erreichen. Bei sehr ruhigen Strömungsverhältnissen kann es auch zu zottigen Wuchsformen kommen, die aber leicht losgerissen werden.

Viele von ihnen bewegen sich aktiv am Untergrund fort und bilden eine große Vielfalt unterschiedlichster Formen. Sie bestehen aus zwei schachtelartig ineinander greifenden Schalen, in die Kieselsäure eingelagert ist.

**Kieselalgen sind die wichtigste Nahrungsgrundlage für alle Weidegänger (S. 40).**

Die gallertigen, perlschnurartigen Fäden der **Froschlaichalge** (*Batrachospermum* sp., eine Rotalge) in sauberen Bächen



**Wassermoose** (mehrere Arten, u.a. Quellmoose) siedeln sich vornehmlich an überströmten Überhängen von Bergbächen und in Quellregionen an. An die Strömung weniger angepasste Organismen, wie z.B. Mückenlarven oder Milben, finden in den dichten Moospolstern eine geschützte Nische.



**Gewöhnliches Quellmoos**  
(*Fontinalis antipyretica*)



**Höhere Pflanzen** (Makrophyten) wachsen in langsam fließenden, sommerwarmen Gewässern. Durch ihre große Oberfläche bieten sie Lebensraum für viele Insektenlarven, Schnecken und andere Organismen. Als Nahrung finden sie hauptsächlich erst nach ihrem Absterben Verwendung.

**Wasserhahnenfuß** (*Ranunculus* sp.)



**Blauer Wasser-Ehrenpreis** (*Veronica anagallis-aquatica*)





Von Wasserorganismen  
skelettiertes Blatt



## Zerkleinerer (Shredder)

In rasch fließenden, kalten Gewässern ist **allochthones organisches Material** eine wichtige Quelle für den Aufbau eines komplexen Nahrungsnetzes.

Fallaub verliert innerhalb weniger Tagen seine löslichen Komponenten (immerhin 5-30% der Trockenmasse) – sie werden von Bakterien als Substrat genutzt.

Übrig bleibt ein für Tiere zunächst schwer verdaulicher Rest, der aber rasch von Pilzen und Bakterien besiedelt und erst so attraktiv für Zerkleinerer (Shredder) unter den Wassertieren wird (vor allem Bachflohkrebse, Wasserasseln, einige Köcherfliegen- und Steinfliegenlarven).

Eigentlich stellt der **mikrobielle Mikrofilm** auf den Blättern den Hauptanteil der verwertbaren Nahrung dar. Der überwiegende Rest wird von den Tieren zerkleinert und in Form von Faeces wieder abgegeben. Durch die vergrößerte Oberfläche sind Faeces dann wieder für Mikroorganismen besser verfügbar und dienen Detritusfressern als Nahrung.

**Shredder beschleunigen daher den Abbau organischen Materials.**

**Wasserasseln** (*Asellus aquaticus*) leben am Boden von nährstoffreichen, langsam fließenden und stehenden Gewässern. Sie bewegen sich am Boden laufend fort und gelten als Leitorganismen für organisch belastete Gewässer.

Die Nahrung der omnivoren (allesfressenden) Asseln umfasst neben Detritus und Pflanzen vor allem Falllaub, das sie dank ihrer kräftigen Mundwerkzeuge aufschließen.

Die Eier werden in der Bruttasche des Weibchens getragen.

Wo Oberflächenwasser als Trinkwasser genutzt wird, können die äußerst widerstandsfähigen Wasserasseln in Leitungssysteme eindringen und sich dort vom Biofilm an den Leitungsoberflächen ernähren.

Im Mittel- und Unterlauf von Bächen sammeln sich **Bachflohkrebse** (*Gammarus fossarum*) unter Steinen und vor allem in Ansammlungen von Falllaub, ihrer Hauptnahrung. In seitlicher Körperlage gleiten sie am Boden dahin und verhindern dadurch ein Abdriften mit der Strömung.

Das Männchen klammert sich tagelang am Rücken des kleineren Weibchens fest, so lange, bis dieses sich häutet und Eier ablegt, die vom Männchen besamt werden. Das Weibchen trägt die Eier in der Bruttasche (Marsupium) aus.

Für Fische sind Bachflohkrebse eine wichtige Nahrungsquelle.



Auch die Larven vieler kleinerer **Steinfliegenarten** leisten einen wichtigen Beitrag zur Aufbereitung pflanzlicher Reste, wie z.B. *Brachyptera seticornis* (S. 19) oder *Protonemura* sp. (im Bild), die ihre Tracheenkiemen am „Hals“ (1. Brustsegment) trägt.

*Protonemura* sp.



# Weidegänger

Weidegänger findet man auf allen Oberflächen eines Gewässers, die mit einem dünnen Biofilm aus Algen und Mikroorganismen bedeckt sind. Die Larven vieler **Eintagsfliegen** (S. 10, 21), der **Glossosomatidae** (S. 14), **Lidmücken** (S. 11) und **Zuckmücken** (S. 36) sind mit schabenden, bürstenden oder kratzenden Mundwerkzeugen ausgestattet, mit denen sie den Aufwuchs abweiden.

**In der Regel sind Weidegänger der häufigste Ernährungstyp in naturnahen alpinen Fließgewässern.**



**Raspelzunge (Radula)** an der Unterseite des Kopfes einer **Spitzschlammschnecke** (*Limnea stagnalis*), die langsam fließende Gräben, vor allem aber stehende Gewässer bewohnt. —————>

Die anpassungsfähige **Eiförmige Schlammschnecke** (*Radix balthica*) bevorzugt kalkhaltige fließende und stehende Gewässer mit reichlich Pflanzenwuchs. Mit ihrer mit vielen Zähnchen bedeckten **Raspelzunge** (Radula) weidet sie den Aufwuchs ab.

Als Lungenschnecke muss sie zum Atmen, besonders bei höheren Temperaturen und in sauerstoffarmen Gewässern, gelegentlich an die Oberfläche. Sauerstoff kann sie aber auch über die Haut, vor allem an den breiten Fühlern, aufnehmen.

Die wie „Barthaare“ aussehenden, transparenten Würmer am Kopf der Schnecke sind ekto-symbiontische Oligochaeten (Wenigborster): **Chaetogaster limnaei**. Sie ernähren sich von Kleinstorganismen und benutzen die Schnecke nur als Substrat bzw. als Transportmittel. Eine Unterart dieses Wurmes lebt allerdings parasitisch in der Niere der Schnecke.



# Detritus- und Sedimentfresser

**Detritus** ist ein Gemisch aus stark zersetzten und zerkleinerten pflanzlichen und tierischen, von Mikroorganismen besiedelten Resten. Detritus setzt sich in strömungsberuhigten Zonen am Boden (z.B. im Totraum und unter Steinen) und im Kiesklückensystem ab.

Je nach Standort nehmen die Tiere zusätzlich auch mehr oder minder große Mengen anorganischen Sediments mit auf, das ebenfalls von Mikroorganismen bewachsen sein kann.

Die Mundwerkzeuge typischer Detritusfresser weisen weiche, besenartige Strukturen auf, mit denen sie den feinen Detritus „einkehren“ wie z.B. die Larven der **Sumpfkäfer** (Scirtidae). Im weiteren Verlauf dicken Sumpfkäferlarven die Suspension mithilfe von Filterborsten und einer Presse ein und schließen das Material in einem Kauapparat auf, bevor es in den Darm gelangt.

Die lichtscheuen, asselartigen Larven leben vor allem am Boden kleiner Waldbäche.

Eine Besonderheit weist ihr Tracheensystem auf: Die längs durch den Körper laufenden Hauptäste sind elastisch (nicht starr wie sonst üblich) und können zu Luftsäcken erweitert werden, von denen die Larve unter Wasser zehrt.

Die Larve der **Eintagsfliege** *Caenis horaria* lebt in schlammigen, langsam fließenden und stehenden Gewässern und ernährt sich hauptsächlich von Detritus.

Das zweite Kiemenpaar ist zu einem Deckel umgewandelt (Pfeil), der die übrigen, respiratorisch tätigen Kiemen vor Verschlammung schützt (das erste Kiemenpaar ist verkümmert).

Detritus ist neben Algen auch die Hauptnahrung vieler in Gespinströhren lebender **Zuckmückenlarven** wie *Chironomus riparius* (S. 24).



Larve eines Sumpfkäfers (*Elodes* sp.)



*Caenis horaria*



Verschiedene Arten von **Tubificidae**, wie sie im Zoohandel als Fischfutter verkauft werden.

## Filterierer

Fließendes Wasser bietet ideale Voraussetzungen für einen **passiv filtrierenden Nahrungserwerb**, sei es durch Differenzierung von Mundwerkzeugen oder durch den Bau von Filternetzen bzw. „Leimruten“.

Für sessile (festsitzende) Tiere genügt es, die Filtereinrichtung gegen die Strömung zu richten und von Zeit zu Zeit die haften gebliebenen Partikel abzustreifen bzw. abzuweiden. Verwertet werden pflanzliche, tierische und mikrobielle Organismen oder Detritus.

**Zebramuscheln** (S. 57) und **Tastermücken** (S. 27) sind hingegen **aktive Filterierer**, die den nötigen Wasserstrom zum Herbeistrudeln der Nahrungspartikel selbst erzeugen.



Die **Köcherfliegen-Larven** von ***Neureclipsis bimaculata*** sind typische Bewohner des Ausrinns von Seen.

Am Ende des posthornförmig gebogenen Fangnetzes lauert die Larve auf kleine Beutetiere, vor allem auf Planktonkrebse, die aus dem See ausgeschwemmt werden. Die trichterförmige Öffnung ist mit seitlichen Spinnfäden fixiert und wird von der Strömung aufgespannt.

Die bis zu 20 cm langen, grobmaschigen und mit Schlammteilchen belegten Netze bedecken oft in großer Zahl den Boden und sind daher entsprechend auffällig.

In kalten, schnell fließenden Bächen bauen die **Köcherfliegenlarven** der Familie **Philopotamidae** an der Unterseite von Steinen sackförmige Gespinste, die mit einer Öffnung nach außen münden.

Kleine Lebewesen (z.B. Kieselalgen) und organische Partikel verfangen sich im engmaschigen Netz, von dem sie mit einer breiten, bürstenartigen Lippe von der Larve aufgesammelt werden.

Bild unten:

Nur Vorderbrust und Kopf sind dickwandig und hart (sklerotisiert), der Rest des Körpers, über dessen Oberfläche Sauerstoff aufgenommen wird, ist dünnhäutig und unpigmentiert. Das selbst gebaute Netz bietet ausreichend Schutz.



*Philopotamus ludificatus*





Die **Köcherfliegenlarven** der Gattung **Hydropsyche** bauen am Grund schnell strömender Bäche ein feststehendes Gehäuse aus Steinchen und Pflanzenteilen. An der gegen die Strömung gerichteten Öffnung wird ein grobmaschiges, zartes Netz aus Spinnseide gespannt, in dem sich kleine Wassertiere verfangen. Die Maschenweite ist von der Größe der Larve abhängig. Bei schlechten Nahrungsbedingungen begnügt sie sich mit anderen Nahrungsquellen wie Algen und Detritus.

Bild unten:

An Brustabschnitt (Thorax) und Hinterleib sitzen büschelförmige Kiemen.

Der Rücken des abgebildeten Tieres ist von vielen **Glockentierchen** (Einzeller, die kleinste Partikel filtrieren) bewachen.



*Hydropsyche siltalai*



*Simulium ornatum*



Die Oberlippe der **Kriebelmückenlarven** (Simuliidae, S. 16) hat sich zu paarigen Fangfächern differenziert. Auffällig ist der Hauptfächer aus 40-50 radiär angeordneten, leicht gebogenen Borsten, die mit feinen Härchen (Microtrichia) besetzt sind. Unter dem Hauptfächer befinden sich noch weitere kleinere Fächer. Zusätzlich ist die Oberfläche mit einem klebrigen Schleim überzogen, sodass selbst kleinste Partikel hängen bleiben.

Die Fächer werden abwechselnd eingezogen und die Nahrungspartikel an einer Haarbürste der Mandibeln (Oberkiefer) abgekämmt.

**Zuckmückenlarven** der Gattung *Rheotanytarsus* nutzen Schwebeteilchen im Wasser zum Bau ihrer vierkantigen Wohnröhren. →

Zwischen den Fortsätzen an der Gehäusemündung werden Spinnfäden gespannt, die als Leimruten fungieren. Die eingefangenen Nahrungspartikel werden mitsamt den Fäden verzehrt. Bei Massenvorkommen in kalkreichen Bächen können die Kalkröhren mit der Zeit zu porösen Kalktuffen (mehr oder weniger verfestigtes Sediment) akkumulieren.

**Auch viele andere Zuckmückenlarven bauen vor ihren Gespinnströhren klebrige Fangfäden.**



## Prädatoren (Räuber)

Räuberische Fließwasserbewohner stehen an der Spitze der Nahrungspyramide. Das Aufsuchen und Überwältigen der Beute braucht oft mehr Energie als bei anderen Ernährungsformen. Die Nahrung ist dafür wesentlich hochwertiger und leichter zu verdauen. Die Beute wird in Stücken oder als Ganzes aufgenommen, bei vielen Arten erfolgt die Verdauung aber großteils außerhalb des Körpers, indem Verdauungsenzyme in die Beute injiziert und der vorverdaute Nahrungsbrei aufgesogen wird: **extraintestinale Verdauung**.

**Süßwassermilben** mit ihren vier Beinpaaren zählen zu den Spinnentieren. Die räuberischen, millimetergroßen Milben saugen kleine Beutetiere aus. Ihre Larven (mit drei Beinpaaren) hingegen parasitieren an Wasserinsekten.

In stehenden Gewässern tragen die Beine Schwimmhaare, in Fließgewässern weisen Milben eine z.T. stark abweichende Gestalt auf.

Milben trifft man häufig in Quellbiotopen.

*Sperchon denticulatus*-Gr.



*Sperchon brevirostris*



Die **Stelmücken-Larve** *Dicranota sp.* (*Pediciidae*) ist regelmäßig am Grund klarer Bäche zu finden. Mit hakenbewehrten Fußstummeln widersteht sie der Strömung.

Die dolchartigen, kräftigen Mundwerkzeuge verraten ihre räuberische Lebensweise; sie erbeutet vorwiegend kleine Würmer.

(Der Kopf der Larve befindet sich im Bild rechts unten)

**Große Steinfliegenlarven** (Perlodidae und Perlidae) leben vorwiegend räuberisch (siehe auch Deckblatt). Der breite Kopf trägt spitze Mundwerkzeuge mit z.T. gesägten Kanten. Junge Exemplare nehmen auch pflanzliche Nahrung zu sich. →



*Perla grandis*



Weibchen der **Ibisfliege** (*Atherix ibis*) legen ihre Eier gemeinsam auf Zweige, die über den Bach hängen, oder an den Unterrand von Brücken. Die Fliegen bleiben nach der Eiablage am Gelege kleben und sterben. Mit der Zeit entstehen große Klumpen aus Eiern mit bis zu 1000 toten Fliegen.

Nach dem Schlüpfen lassen sich die Larven in den Bach fallen. Die sieben Paar Fußstummeln und der Nachschieber der bis zu 20 mm langen, räuberisch lebenden Larven sind mit jeweils zwei Hakenkränzen ausgestattet (Bild unten). Mit ihren stilettförmigen Mundwerkzeugen pumpen sie Verdauungsenzyme in die Beute (extraintestinale Verdauung).

*Atherix ibis*





*Agabus sp.*



Kiefer einer Gelbrandkäfer-Larve

Extraintestinal verdauen auch die mit dolchartigen Mandibeln ausgestatteten **Larven von Schwimmkäfern** (Dytiscidae), die wie Kanülen funktionieren. Die Larven erweisen sich als besonders gefräßige Räuber. Die Luft zum Atmen wird über verlängerte Atemöffnungen des letzten Hinterleibssegmentes an der Wasseroberfläche bezogen. Unter Wasser können sie nur vom Luftreservoir im Tracheensystem zehren und daher nicht wie adulte Käfer den Vorteil einer physikalischen Kieme nutzen (siehe S. 29). Sie müssen daher oft auftauchen.

**Planarien** (Strudelwürmer) gleiten mithilfe eines Wimpernkleides über den Boden. Am Vorderende der lichtscheuen Tiere befinden sich zwei Augenflecken. Man sieht es den Planarien nicht an, dass sie arge Räuber sind: In den Hautzellen liegen stäbchenförmige Sekretkörper (**Rhabditen**), die sie bei der Verteidigung oder zum Beutefang von kleinen Wassertieren ausstoßen. Im Wasser quellen die Rhabditen zu einem klebrigen Schleim, der den Angreifer bzw. die Beute einhüllt und unbeweglich macht.

Kleine Objekte werden vom bauchseitig liegenden Schlund (Pharynx) einverleibt, bei größeren oder bei Aas wird Verdauungssaft ausgeschüttet und das vorverdaute Material in den reich verzweigten, blind endenden Darmtrakt aufgenommen (siehe auch S. 18).

**Dreiecksstrudelwurm**  
*Dugesia gonocephala*



Die **Wasseramsel** (→ *Cinclus cinclus*) hat ein stark wasserabweisendes Gefieder und taucht mit Schwimmbewegungen ihrer Beine und Flügel nach Insektenlarven und anderen kleinen Wasserorganismen. Auffällig sind ihre „knicksenden“ Bewegungen. Sie brütet in Felsspalten und Höhlungen nahe der Wasserlinie schnell fließender, klarer Bäche. Im Winter sieht man sie auch in tieferen Lagen.

Unter den **Top-Prädatoren** heimischer Fließgewässer, die sich von Fischen ernähren, sind neben Forellenartigen (z.B. Bachforelle, Bachsaibling oder der seltene Huchen) auch einige Vogelarten (z.B. Graureiher, Kormoran, Gänsesäger) und der Fischotter zu nennen.

Durch anthropogen bedingte **Strukturverarmung** der Fließgewässer können piscivore (fischfressende) Vögel und Säuger zum Rückgang von Fischen beitragen. Probleme bereiten sie auch in Fischzuchten.

Der **Kormoran** (*Phalacrocorax carbo*) erbeutet Fische im Tauchgang, meist in 1-3m Tiefe. Da sein Gefieder nur teilweise wasserdicht ist (Verminderung des Auftriebes), trocknet er es nach Tauchgängen mit ausgebreiteten Flügeln in der Sonne. Kormorane brüten in Kolonien, meist auf hohen Bäumen. →



# Die Entwicklung der Wasserinsekten

Da Insekten ein weitgehend starres Exoskelett aus Chitin und Proteinen aufweisen, sind Wachstum und Veränderungen der Gestalt nur möglich, wenn das alte Chitinskelett abgeworfen wird (**Häutung**). Dabei wird nicht nur die äußere Hülle abgestoßen, sondern auch die Chitinauskleidung des Vorder- und Enddarmes sowie die der Tracheen. Das darunter bereits vorgebildete neue Skelett ist für kurze Zeit noch weich und dehnungsfähig, sodass Veränderungen der Körpergestalt möglich sind.

Im Gegensatz zu Tieren, die ihr gesamtes Leben im Wasser verbringen (Fische, Krebstiere, Platt- und Borstenwürmer), beschränkt sich die aquatische Phase der meisten Fließwasserinsekten auf ihre Entwicklungsstadien. Das meist sehr kurze Leben als Adulte verbringen sie an Land.

In alpinen Gebirgsbächen erfolgt die Entwicklung der Larven hauptsächlich im Winterhalbjahr. Während an Land unwirtliche Bedingungen herrschen, sind die Gewässer im Winter am produktivsten. Die Umwandlung zum erwachsenen Insekt erfolgt sehr oft vor den sommerlichen Hochwässern. Damit weichen sie den Risiken der Verdriftung aus.



**Ursprüngliche Insektenordnungen** (wie **Eintagsfliegen**, **Steinfliegen**, **Wanzen** oder **Libellen**) weisen eine „unvollständige Umwandlung“ (**hemimetabole Entwicklung**) von der Larve zum geschlechtsreifen Tier (Imago) auf. Die Larven (auch Nymphen genannt) zeigen eine mehr oder minder große Ähnlichkeit mit den Imagines; die Flügel sind bereits als funktionslose Anlagen sichtbar. Die letzte Häutung von der Larve zur Imago erfolgt **ohne Puppenruhe**.

Im Gegensatz dazu verläuft bei höher **entwickelten Insekten** (**Käfer**, **Zweiflügler** oder **Köcherfliegen**) die Umwandlung „vollständig“ (**holometabole Entwicklung**), bei der zwischen dem letzten Larvenstadium und der Imago eine Ruhephase in Form einer **Puppe** zwischengeschaltet ist, in der ein tiefgreifender Umbau erfolgt. Die Umorganisation ist erforderlich, weil die Larven wenig bis überhaupt keine Ähnlichkeit mit den adulten Tieren aufweisen; Flügelansätze sind noch nicht vorhanden. Die größten Abweichungen zeigen Larven der Zweiflügler (Diptera) – Extremitäten sind durch ungegliederte Kriechwülste ersetzt und selbst eine Kopfkapsel kann fehlen (acephale Larven).

## Hemimetabole Entwicklung: Eintagsfliegen (Ephemeroptera)

Eintagsfliegen sind die ursprünglichsten Fluginsekten. Ihre Larven (Nymphen) atmen über blatt-, büschel- oder fadenförmige Tracheenkiemen an den Hinterleibssegmenten (außer im ersten Nymphenstadium). Im Laufe ihrer meist einjährigen Entwicklung häuten sich die Larven je nach Art 8-30 Mal.



**Subimago** einer Eintagsfliege  
(Heptageniidae)

Die letzte Häutung von der Larve zur flugfähigen **Subimago** (deren Flügel behaart, trüb und unbenetzbar sind) erfolgt meist an der Wasseroberfläche. Dabei werden die Flügel plötzlich entfaltet und das Tier ist sofort flugfähig (Bild oben).

**Eintagsfliegen sind die einzigen Insekten, die sich nach der Metamorphose zum flugfähigen Tier nochmals häuten!**

Die zweite Häutung zur **Imago** kann bereits nach wenigen Minuten oder erst nach Stunden erfolgen. Die Flügel sind größer, unbehaart und durchsichtig (rechtes Bild).

Erwachsene Eintagsfliegen leben nur sehr kurz (wie der Name schon andeutet), je nach Art wenige Stunden bis einige Tage, in denen ihre einzigen Ziele Paarung und Eiablage sind. Deshalb erfolgt der Schlupf innerhalb einer Population meist synchron. Massenhaftes Auftreten von Geschlechtstieren an großen Flüssen findet man heute nur mehr selten (vor allem bedingt durch Lebensraumverluste infolge von Flussregulierungen, siehe S. 61).

Adulte Eintagsfliegen sind an den nach oben geklappten Flügeln leicht zu erkennen. Die Hinterflügel sind klein und können sogar fehlen. Die **Männchen** fallen durch die verlängerten Vorderbeine (zum Festhalten der Weibchen bei der Kopulation im Flug) und ihre großen, z.T. **zweigeteilten Augen** auf, wobei das dorsale, nach oben gerichtete Auge (**Turbanauge**) besonders lichtempfindlich ist. Es dient zum Auffinden der Weibchen während der Balzflüge in der Dämmerung. Bereits bei älteren männlichen Larven ist die Zweiteilung der Augen zu erkennen (S. 20).

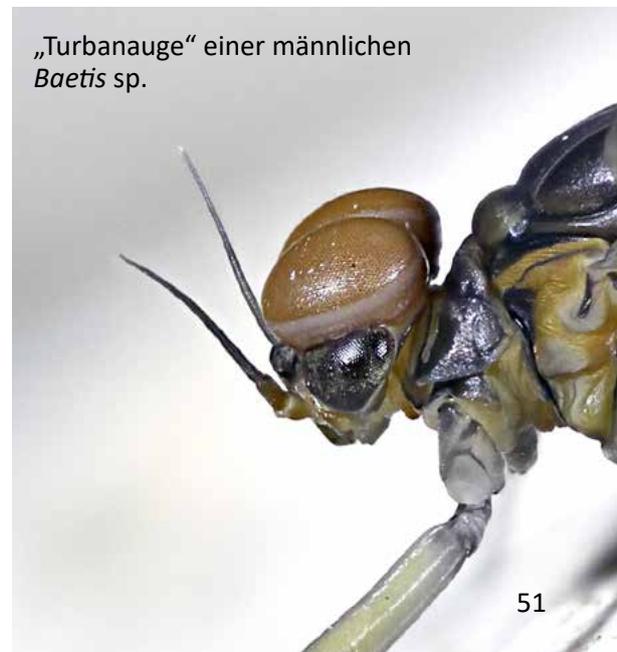
Die Mundwerkzeuge sind rückgebildet, der Darm ist mit Luft gefüllt, es wird keine Nahrung mehr aufgenommen.



Frisch geschlüpfte  
**Imago**

Leere Hülle der  
Subimago

Große Eintagsfliege (*Ephemera danica*)



„Turbanauge“ einer männlichen  
*Baetis* sp.



Schlüpfende *Brachyptera trifasciata*



Exuvie von  
*Perlodes microcephalus*

## Steinfliegen (Plecoptera)

Adulte Steinfliegen unterscheiden sich mit Ausnahme der langen, in Ruhe flach übereinander gelegten Flügel nur wenig von ihren Larven. Zur Metamorphose steigen sie nachts an Land. Die leeren, am Untergrund festgekrallten Larvenhüllen (**Exuvien**) bleiben am Ufer meist noch lange erhalten. Steinfliegen sind nicht sehr flugfreudig.



Imago von *Perlodes microcephalus*



## Libellen (Odonata)

Auch Libellen begeben sich zur Metamorphose an Land, die meisten Arten klettern auf Pflanzenstängeln hoch, die schwerfälligen **Zangenlibellen** (*Onychogomphus forcipatus*) an den Uferrand.

Nachdem sich das weichhäutige Tier aus der Larvenhülle gezwängt hat, müssen die noch zerknitterten Flügel mit Haemolymphe aufgepumpt, der Körper in die endgültige Form gebracht werden und der Chitinpanzer aushärten und ausfärben. Erst dann ist die Libelle flugfähig.

## Holometabole Entwicklung: Köcherfliegen (Trichoptera)

Frisch geschlüpfte Larven köchertragender Arten bauen zu ihrem Schutz zunächst ein offenes Gespinst aus Seidenfäden. Nach und nach werden Fremdkörper eingebaut, zu einem Köcher geformt und innen ausgekleidet. Der Köcher ist vorne offen und hinten oft mit einer löchrigen Membran oder einer Siebplatte geschützt.

Nach jeder Häutung (jedem Wachstumsschub) wird der Köcher vorne verlängert, das Hinterende fällt ab oder wird abgebissen. Glossosomatidae bauen ihr Gehäuse jedes Mal neu. Die **Spinnfäden** werden von den Labialdrüsen produziert. Sie bestehen aus zwei langen Schläuchen, die bis ans Körperende reichen und mehrfach gewunden sind. Vorne münden sie in eine Seidenpresse.

Die klebrige **Spinnseide**, deren Eigenschaften mit der von Spinnen vergleichbar ist, besteht aus langen Proteinketten mit hoher Zugfestigkeit. Freilebende Arten benützen die Spinnseide zur Sicherung in der Strömung oder zum Beutefang (siehe S. 16, 42-45).

Durchlässige Siebplatte am Hinterende des Köchers von *Silo nigricornis* (Goeridae) (gelbe Pfeile).



Zur Verpuppung kleben die meisten der **köchertragenden Arten** ihre Behausung am Untergrund fest und verschließen die Öffnungen mit einer Siebplatte.

Borsten an den Mundgliedmaßen (schwarzer Pfeil) und paarige Analstäbchen (roter Pfeil) oder Borsten am Hinterende der **Puppe** sorgen dafür, dass die Poren geöffnet bleiben und Wasser durch den Köcher fließen kann. Um den Wasserstrom für die Atmung zu unterstützen, schlagen die Puppen mit dem Hinterleib rhythmisch auf und ab.

Die Puppen der Köcherfliegen sehen den Imagines ähnlich und sind bereits mit Flügelscheiden ausgestattet. Scherenförmige Mundwerkzeuge dienen dazu, um sich beim Schlüpfen aus dem Gehäuse freizubeißen. Die langen, behaarten Hinterbeine helfen ihnen an Land zu schwimmen, wo die Puppenhülle aufplatzt und die Imago schlüpft.



Aus dem Köcher „befreite“ Puppen von *Annitella obscurata*



Zwei vom Untergrund abgelöste Puppengehäuse der **Fluss-Köcherfliege** bei beginnender Verpuppung.

**Freilebende und netzbauende Arten** müssen erst ein am Untergrund festsitzendes, kuppelförmiges Gehäuse aus Steinchen bauen, bevor sie sich in einem Kokon verpuppen. Lücken zwischen den Steinchen und z.T. perforierte Durchlässe im Kokon gestatten den Wasseraustausch.

Bei der **Fluss-Köcherfliege** (*Rhyacophila*) und den **Glossosomatidae** ist die Kokonwand semipermeabel (selektiv durchlässig). Wenn sich die Larve zur Puppe häutet, setzt sie organische Substanzen frei, die die osmotische Konzentration im Inneren des Kokons erhöhen. Da die Kokonwand für diese Substanzen undurchlässig ist, strömt Wasser ein, bis der Wanddruck (Turgor) den Vorgang stoppt. Der nun prall gefüllte Kokon bildet eine große respiratorische Oberfläche, durch die Sauerstoff diffundiert (Bild links).

Köcherfliegen, von denen es in Europa 1.600 Arten aus 23 Familien gibt, stehen in naher Verwandtschaft zu den Schmetterlingen – ihre Flügel sind mit Haaren statt mit Schuppen bedeckt. Sie sind an der in Ruhe dachgiebelartigen Flügelstellung leicht zu erkennen. Die Eier der dämmerungs- und nachtaktiven Köcherfliegen werden entweder unter Wasser, an der Wasseroberfläche oder an Pflanzen über Wasserflächen abgelegt.

*Adulte Köcherfliege*  
*Allogamus auricollis*



## Zuckmücken (Chironomidae)

Zuckmücken sind die arten- und individuenreichste Gruppe unter den Süßwasserinsekten und spielen deshalb eine überragende Rolle in der Nahrungskette für Wirbellose, Fische und Vögel.

Der wurmförmige Körperbau der Larven ist, unabhängig von ihrer Lebensweise, sehr einheitlich. Die meisten Arten ernähren sich von Algen oder Detritus, leben frei oder in selbst gesponnenen Röhren. Nach vier Larvalhäutungen und einer kurzen Puppenruhe erfolgt der Schlupf.

Die Imagines leben nur wenige Tage und können sich abends zu riesigen Paarungsschwärmen sammeln. Die Männchen der meisten Arten tragen auffallend buschige Antennen, mit deren Hilfe sie Weibchen orten (Bild unten).



Larven, die zumeist in **Gespinströhren** leben, verpuppen sich darin und sind in diesem wehrlosen Stadium entsprechend geschützt, wie z.B. *Orthocladius rivulorum* in einem Goldalgenbewuchs (Bild oben).

Die Sauerstoffaufnahme erfolgt über die Körperoberfläche und über **Prothorakalhörner** an der Vorderbrust (Pfeil), die bei Fließwasserarten kurz sind oder sogar fehlen.

Bei freien Puppen in stehenden Gewässern werden die oft büschelförmigen Prothorakalhörner zur Atmung an der Wasseroberfläche genutzt.



Von der Gespinsthülle „befreite“ Puppe von *Orthocladius rivulorum*

# Invasive Neozoen

Als Neozoen bezeichnet man gebietsfremde Tierarten, die seit der Entdeckung Amerikas durch menschlichen Einfluss absichtlich oder unabsichtlich (Welthandel, oft auch durch Tierhandel) eingeschleppt worden sind und sich etabliert haben. Viele von ihnen fügen sich ohne negative Auswirkungen in das heimische Ökosystem ein. Einige wenige erweisen sich hingegen als besonders konkurrenzfähig und verdrängen dadurch heimische Arten aus ihrem angestammten Lebensraum (**invasive Neozoen**). Mit den Neozoen werden auch Krankheitserreger und Parasiten eingeschleppt, gegen die sich heimische Arten oft schlecht wehren können. **Die Klimaerwärmung wird in Zukunft die Ausbreitung von Neozoen noch weiter begünstigen.**



Schwarzmund-Grundel

**In alpinen Fließgewässern** ist wegen der tiefen Wassertemperaturen und der meist starken Strömung die Zahl der Neozoen überschaubar.



In österreichischen Gewässern sind derzeit 7 invasive und 14 potentiell invasive Wirbellose sowie 6 invasive und 4 potentiell invasive Fischarten nachgewiesen. Die höchste Zahl an aquatischen Neozoen findet man entlang der Donau, aber auch in der Bodenseeregion und in SO-Österreich.

Stellvertretend für die Situation in der Donau seien zwei Grundelarten genannt, die **Kessler-Grundel** (*Neogobius kessleri*) und die **Schwarzmund-Grundel** (*Neogobius melanostomus*), die mit dem Ballastwasser von Frachtschiffen seit den 90er Jahren aus Südosteuropa entlang der Donau eingeschleppt worden sind.

Diese Grundeln sind die dominanten Fischarten im Bereich der Blockwurf-Ufersicherung, wobei sie sich gegenseitig konkurrieren. Derzeit scheint sich die Schwarzmund-Grundel zunehmend durchzusetzen.

Die 3-4 mm große, äußerst widerstandsfähige **Neuseeländische Zwergdeckelschnecke** (*Potamopyrgus antipodarum*) hat sich seit 1850 in großen Teilen Europas ausgebreitet. Sie vermehrt sich parthenogenetisch (Jungfernzeugung) und bringt (unter günstigen Bedingungen täglich) lebende Junge zur Welt. Es wurden Biomassen bis zu 90% der gesamten Makroinvertebraten und bis zu 50.000 Individuen pro m<sup>2</sup> gefunden!

Im Gegensatz zu den meisten heimischen Wasserschnecken können sie bei Gefahr ihr Gehäuse mit einem ledrigen Deckel verschließen. Das hat zur Folge, dass Fische oder Wasservögel, die diese Schnecke fressen, nur etwa die Hälfte davon verdauen. Fische, die sich vorwiegend davon ernähren, bleiben daher im Wachstum zurück. Wasservögel tragen zur Verbreitung bei.



Seit den 1960er Jahren wurden aus Nordamerika vermehrt **Signalkrebse** (*Pacifastacus leniusculus*), aber auch **Kamberkrebse** (bereits 1890) und **Rote Amerikanische Sumpfkrebse** nach Europa importiert und in natürlichen Gewässern freigesetzt.

Es sollten damit Alternativen zu heimischen Krebsarten (Dohlenkreb, Steinkreb und vor allem Edelkreb) geschaffen werden, deren Bestände seit Mitte des 19. Jhs. durch die wahrscheinlich aus N-Amerika eingeschleppte Krebspest stark dezimiert worden sind.

Die amerikanischen Arten sind weitgehend resistent gegen diese Pilzerkrankung, trugen aber ihrerseits zur weiteren Verbreitung der Krebspest bei, die bei heimischen Arten fast immer tödlich verläuft.

Den widerstandsfähigen und im Besiedeln neuer Gewässer erfolgreichen **Signalkrebs** erkennt man u.a. an den meist deutlichen hellen Flecken an den Scheren.

Die **Zebrauschel** (*Dreissena polymorpha*) kam im Tertiär in ganz Mitteleuropa vor, wurde aber durch die Eiszeit nach Südosten verdrängt. Seit dem frühen 19. Jh. hat sich diese Muschel durch den Schiffsverkehr wieder großflächig nach Westen ausgebreitet.

Bei **Massenvorkommen** in langsam fließenden Gewässern und Seen kann sie große Teile des Untergrundes überwuchern und damit nicht nur das Ökosystem und die Artenvielfalt negativ beeinflussen, sondern auch Schäden an Rohrleitungen und Schiffen verursachen. Andererseits ist sie auch Nahrungsquelle für Seevögel und Fische.

Die Vermehrung erfolgt über frei schwimmende Veligerlarven, die sich bereits nach einigen Tagen festsetzen. Die Zebrauschel kann bis zu 10 Jahre alt werden.

Wie alle Muscheln ist die Zebrauschel ein **aktiver Filtrierer** (im Bild sind die ausgestülpten Siphone zu erkennen).





Der **Bachsaibling** (*Salvelinus fontinalis*) ist ausgesprochen strömungsresistent und kommt im Gegensatz zur Bachforelle ohne Unterstände aus. Er bildet häufig natürlich reproduzierende Bestände.

## Gebietsfremde Salmoniden

Ende des 19. Jahrhunderts wurden **Regenbogenforellen** (*Oncorhynchus mykiss*) und **Bachsaiblinge** (*Salvelinus fontinalis*) aus Nordamerika eingeführt. Sie wurden nicht nur in Teichwirtschaften gehalten und (vor allem die Regenbogenforelle) zu schnellwüchsigen Formen weiter gezüchtet, sondern von dort aus in sehr vielen Fließgewässern ausgesetzt.

Die **Regenbogenforelle** hat sich durch laufende Besatzmaßnahmen und dem in den letzten Jahrzehnten zunehmenden natürlichen Reproduktionserfolg stellenweise zu einer dominanten Art entwickelt, die streckenweise einheimische Fischarten konkurrenziert. Vor allem größere, anthropogen veränderte Gewässer, in denen der Lebensraum für andere Fischarten eingeschränkt ist, bieten Regenbogenforellen günstige Bedingungen.

Die vor etwa 120 Jahren in Europa eingebürgerte und inzwischen etablierte Regenbogenforelle ist in Ermangelung guter heimischer Fischbestände für die Angelfischerei zu einer wichtigen Fischart geworden, ist aber gleichzeitig aus ökologischer Sicht auch eine invasive Art.

Die **im Donausystem heimische (autochthone) Bachforelle** (*Salmo trutta fario*) wurde durch intensive Besatzmaßnahmen mit dem aus Teichwirtschaften stammenden atlantischen Genotyp dieser Art verdrängt. Nur mehr in sehr wenigen abgelegenen Alpengewässern konnten Populationen des ursprünglichen, an alpine Umweltbedingungen angepassten Donautyps entdeckt werden. Heute versucht man, diese Restpopulationen zu vermehren und für Besatzmaßnahmen zu verwenden.



Die „Donau-Bachforelle“ ist nur anhand genetischer Analysen vom atlantischen Genotyp zu unterscheiden. Die abgebildete Forelle stammt von einer Population in einem Hochgebirgssee (Gossenköllesee, Kühltal), die vermutlich vor 500 Jahren dort ausgesetzt worden ist und bis heute reinstämmig erhalten blieb.

# Anthropogene Einflüsse auf den Gewässerzustand

Wie die vorangegangenen Kapitel zeigen, sind Pflanzen und Tiere in vielfältigster Weise an ihren Lebensraum im Fließgewässer angepasst. Strömungsmuster, die Beschaffenheit der Gewässersohle, verschiedene Nahrungsquellen und ähnliches prägen die Artenzusammensetzung. Unterschiedliche Gewässertypen sind daher durch charakteristische Artengemeinschaften besiedelt. Auch im Längsverlauf eines Gewässers kommt es mit abnehmendem Gefälle und zunehmendem Abfluss zu einem kontinuierlichen Wechsel der Artengemeinschaft.

Seit Jahrhunderten hat der Mensch in der Kulturlandschaft diese Lebensräume verändert. Die drei wichtigsten Beeinträchtigungen sind die Belastung mit Nähr- und Schadstoffen, Gewässerverbauungen und die Nutzung der Wasserkraft:

## Abwasserbelastung

Die Abwasserbelastung ist eines der ältesten Probleme. Menschliche Siedlungen entstanden bereits in prähistorischer Zeit oftmals an Flüssen, die neben der Funktion als Wasser- und Nahrungsquelle auch als Transportwege genutzt wurden. Sie waren aber auch der bequemste Weg, Abwässer loszuwerden, die bis in die jüngste Vergangenheit unbehandelt in die Flüsse eingeleitet wurden. Dies führte mit zunehmenden Siedlungsgrößen zu teils unerträglichen Zuständen.

Zu Berühmtheit gelangten beispielsweise der große Gestank („**great stink**“) der **Themse** in London 1858 oder der Seine in Paris 1880. War schon der Gestank bei diesen Zuständen kaum auszuhalten, stellte die Gesundheitsgefährdung, vor allem durch die Cholera, eine noch größere Bedrohung dar. Dies führte dazu, dass bereits im 19. Jahrhundert die Sanierung der Abwassersituation ernsthaft in Angriff genommen wurde.

Bis in die jüngste Zeit wurden massive Investitionen in den Bau von **Kanalisationssystemen** und **Kläranlagen** getätigt. Dies zeigte auch entsprechende Erfolge, heute ist die Belastung der Gewässer in Österreich mit organischen abbaubaren Stoffen weitgehend saniert!

In jüngster Zeit rückten hingegen Belastungen mit Schadstoffen, auch durch bessere Analysemethoden, verstärkt in den Blickpunkt. So können **Umweltchemikalien** unterschiedlichster Herkunft neben toxischen auch **hormonelle Wirkungen** auf Organismen ausüben, die zu Missbildungen führen oder bei männlichen Fischen eine Verweiblichung bewirken.



„A drop of Thames Water“  
Karikatur im PUNCH (1850)



Einleitung gewerblicher Abwässer →



Kanalartige Verbauung des Rheins in Vorarlberg

Eine wesentlich größere Rolle spielt heute die Gewässerverbauung. Zum Schutz der Siedlungsräume und zur Landgewinnung wurden Fließgewässer eingeeengt und begradigt (Bild oben). Die Neugewinnung landwirtschaftlicher Nutzflächen nach dem Zweiten Weltkrieg wurde auch als „zehntes Bundesland“ bezeichnet. Großflächige Regulierungsmaßnahmen setzten aber schon sehr viel früher ein.

Beispielsweise sind auf den detailgetreuen Karten des Inntales von RANGGER zur Mitte des 18. Jahrhunderts bereits bestehende und geplante Regulierungsgrenzen eingetragen (**Bild rechts**). Ein großflächiger Eingriff erfolgte in Tirol auch noch in jüngster Zeit, vor allem durch den **Bau der Autobahn**, die über weite Strecken entlang des Inn durch Auwaldflächen angelegt wurde. Die Regulierungen fast aller größeren Alpenflüsse waren so durchgreifend, dass die Flüsse aus der Vogelperspektive schon diesen Autobahnen ähneln und der Begriff „Wasserstraßen“ damit eine zusätzliche Bedeutung bekommt. Heute gibt es nur mehr wenige naturbelassene Alpenflüsse, wie Lech, Isar oder Tagliamento.

Der Inn bei Pettnau im Jahr **1763** (Karte Franz A. Rangger: „Mappa der Situation von Unterpettnau, Leibfingen, und Dirschenbach“; Tiroler Landesarchiv) und **heute** (Orthofoto Land Tirol). Bereits 1763 bestanden Regulierungsbauten („Archen“): braune Linien, rote Pfeile) →

## Gewässerverbauung



Diese Regulierungsmaßnahmen führten zu einer **Verarmung der Lebensräume** und Artenvielfalt. Von der Erhöhung der Fließgeschwindigkeit, der Reduktion strömungsgeschützter Bereiche und von Seitengewässern sind vor allem Arten aus tieferen Flussregionen (Potamalfauna) betroffen. Dazu zählen beispielsweise grabende Eintagsfliegenlarven wie *Palingenia longicauda*, die heute noch durch einen Massenschlupf die spektakuläre „**Theißblüte**“ am gleichnamigen Fluss in Ungarn bildet (Bild unten).

Darüber hinaus zeigten sich im Laufe der Zeit aber auch damit verbundene **schutzwasserbauliche Probleme**. So haben sich durch die Einengung des Flusslaufes und die damit verbundene Erhöhung der Schleppekraft praktisch alle größeren alpinen Flüsse stark eingetieft.



Die **Eintiefung** des zu eng regulierten Flusses führte bereits zur Auflösung der Ufersicherungen (rechter Bildrand).

**Theißblüte:** Mitte Juni ereignet sich an der Theiß und einigen ihrer Nebenflüsse eines der spektakulärsten Naturerlebnisse Europas, wenn Millionen von Eintagsfliegen *Palingenia longicauda* synchron schlüpfen und ihren Hochzeitsflug starten. Beeindruckend auch ihre Körpergröße von 4 cm (+ 8 cm lange Körperanhänge). So schnell es beginnt, endet das Spektakel.



## Renaturierung von Fließgewässern

In den letzten Jahrzehnten setzte ein Umdenken ein. Im Zuge von Hochwasserschutzprojekten werden heute neben schutzwasserbaulichen Erfordernissen verstärkt **ökologische Aspekte berücksichtigt** und den Gewässern wieder mehr Raum gegeben. Durch die Ausdehnung der Siedlungsgebiete ist dies aber nur mehr in sehr eingeschränktem Umfang möglich. Auch wenn natürliche Verhältnisse nicht mehr erreichbar sind, können damit aber doch **naturnahe Gewässerstrukturen** wiederhergestellt werden.



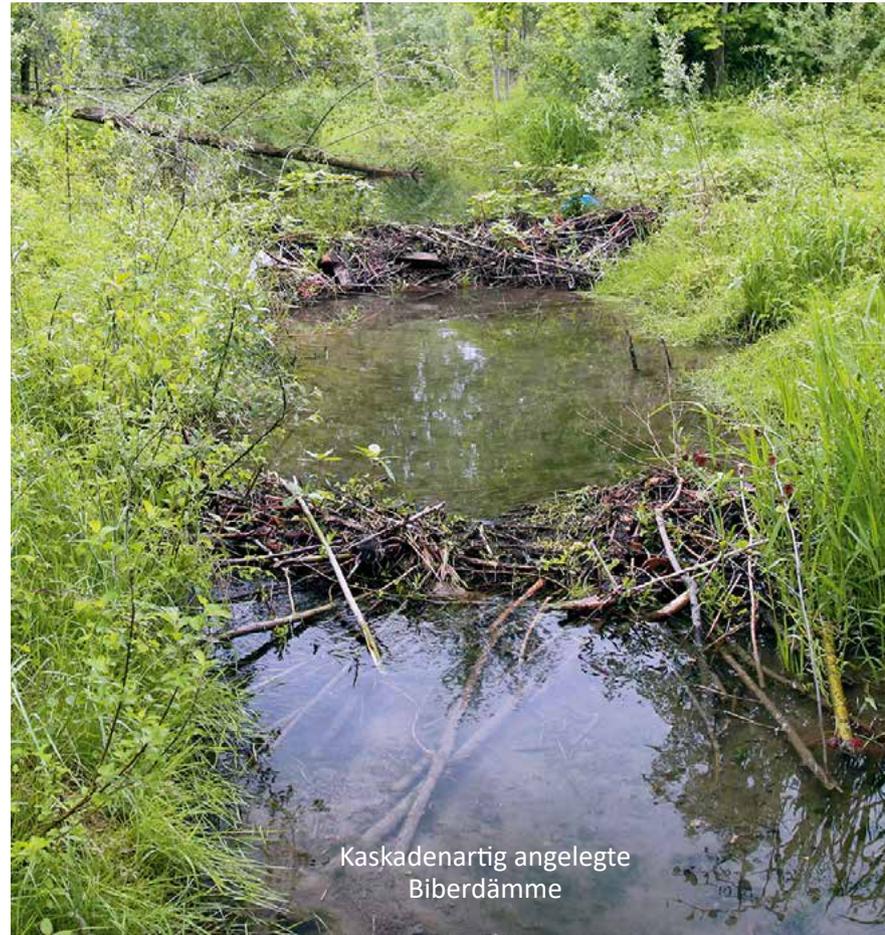
Renaturierung des Inn  
bei Serfaus



Renaturierung der  
Großsache bei Kössen

Auch der **Biber** trägt inzwischen wieder verstärkt zu Renaturierungsmaßnahmen insbesondere an kleineren Gießbächen bei, wenngleich nicht immer mit allseits akzeptiertem Erfolg. In den letzten Jahren hat sich der Biber entlang des Inn ausgebreitet und ist heute wieder ein regelmäßig anzutreffender Bewohner der Fließgewässer. Durch den Bau von Dämmen staut er Fließgewässer auf und schafft sich damit seinen eigenen Lebensraum. Damit entstehen mehrere, im dicht besiedelten Raum nicht leicht lösbare Zielkonflikte.

Es ist grundsätzlich sehr erfreulich, wenn sich in den weitgehend ausgeräumten Tallandschaften wieder natürliche Faunenelemente ansiedeln können – der Biber ist einfach Bestandteil naturnaher Flusslandschaften. Gleichzeitig können seine Baumeisterarbeiten vor allem in Siedlungsnähe zu möglichen Problemen mit erhöhten Grundwasserständen oder einem Gefahrenpotential durch angeknabberte Bäume führen (Bild unten). In anderen Bereichen kann er auch Bemühungen zur Wiederherstellung der Durchwanderbarkeit der Fließgewässer für Fische sabotieren, indem durch die Dämme neue Hindernisse geschaffen werden.



Kaskadenartig angelegte  
Biberdämme





## Wasserkraft

Das idyllische Bild vom Innstau bei Langkampfen täuscht darüber hinweg, dass der Lebensraum durch den verloren gegangenen Fließcharakter verarmt.



Bei alten Wasserrechten, vor allem im Bereich von Speicherseen, gibt es oft nach wie vor keine Restwasserregelung. Der Bach im Bild fällt unterhalb der Fassung trocken. Eine Nachjustierung ist in den nächsten Jahren zu erwarten (Wasserrahmenrichtlinie der EU).

Einen wichtigen Einfluss stellt auch die Nutzung der Wasserkraft dar. Je nach Kraftwerkstyp kommen unterschiedliche Wirkungen zum Tragen. Die wichtigsten Veränderungen sind die Reduktion des Abflusses (**Restwasser**) bei **Ausleitungskraftwerken**, der **Aufstau bei Staukraftwerken**, **Wasserstandsschwankungen (Schwellbetrieb)** bei Speicherkraftwerken und schließlich auch die Unterbrechung der Wandermöglichkeiten für Fische und Bodentiere durch **Wehranlagen**.

Während bei ausreichender Restwasserabgabe der Fließcharakter in einer Ausleitungsstrecke noch erhalten werden kann, kommt es bei einem größeren **Aufstau alpiner Flüsse** zu einer grundlegenden Veränderung des Ökosystems.

Einen derartigen Gewässertyp gibt es in der Natur nicht, im Vergleich zu einem typischen Fließgewässer sind die Strömung zu langsam, die Wassertiefen zu groß und die Gewässersohle zu feinkörnig. Für ein stehendes Gewässer hingegen sind die Verhältnisse zu instabil und zu kalt.

Daher gibt es auch nur wenige Organismen, die mit diesen Bedingungen noch zurechtkommen (vor allem einige Zuckmückenlarven und Borstenwürmer), die natürliche Artenvielfalt ist im Stauraum eines alpinen Gebirgsflusses folglich stark dezimiert.

Gravierende und erst in den letzten Jahrzehnten in ihrem Ausmaß erkannte Auswirkungen haben **Wasserstandsschwankungen** durch die bedarfsweise Abarbeitung von Speicherkraftwerken.

Durch diesen **Schwellbetrieb** kommt es zum Beispiel am Inn bei Innsbruck zu täglichen regelmäßigen Schwankungen bis zu dreiviertel Meter. Als eine der vielen Folgen dieser Abflussschwankungen sind oft große Flächen der noch vorhandenen Schotterbänke als Lebensräume nicht mehr nutzbar, da sie für wasserlebende Organismen zu oft trocken fallen und für landlebende Tiere zu oft überflutet werden.

Es sind jedoch umfangreiche Bestrebungen im Gange bzw. Maßnahmen angedacht, um diese Auswirkungen zu minimieren.

**Schwall:** Künstliche Abflussspitze bei Kraftwerksbetrieb,

**Sunk:** Niedrigwasser bei Kraftwerksstillstand



Schwall



Sunk

Die **Unterbrechung der Wandermöglichkeiten durch Wehranlagen** (oft auch durch flussbauliche Maßnahmen zur Sohlstabilisierung) hat insbesondere für mittel- und langstreckenwandernde Fische deutlich sichtbare Folgen. So kam es durch den Bau des ersten Innkraftwerkes bei Jettenbach (1922) innerhalb von wenigen Jahren zu einem mehr oder weniger vollständigen **Verschwinden der Nasen und Barben in Tirol**.

Früher wanderten diese Fischarten zur Laichzeit massenhaft die Donauzuflüsse aufwärts, wovon heute auch noch Gewässernamen wie der Nasenbach zeugen: „Die Nasen wurden zur Laichzeit fuderweise nur aus dem Nasenbach bei Langkampfen entnommen ....“ oder „der Massenfang, soweit er nicht mehr abgesetzt werden konnte, als wertvoller Dünger verwendet“ (Die Fischereiwirtschaft Tirols, 1931).

Noch drastischer war der Rückgang bei den Barben: „Bis dahin wurden von den Innfischern des Bezirks Kufstein (ungefähr 300) jährlich rund 7000 kg Barben ... gefangen; ... 1925 wurde überhaupt keine Barbe mehr erbeutet“.



Nase (*Chondrostoma nasus*)

Hinsichtlich der Auswirkungen der Wasserkraftnutzung werden zunehmend **Verbesserungen** umgesetzt und die ökologischen Auswirkungen durch verbesserte Restwasserabgaben, schwalldämpfende Maßnahmen und den Bau von Fischwanderhilfen verringert.

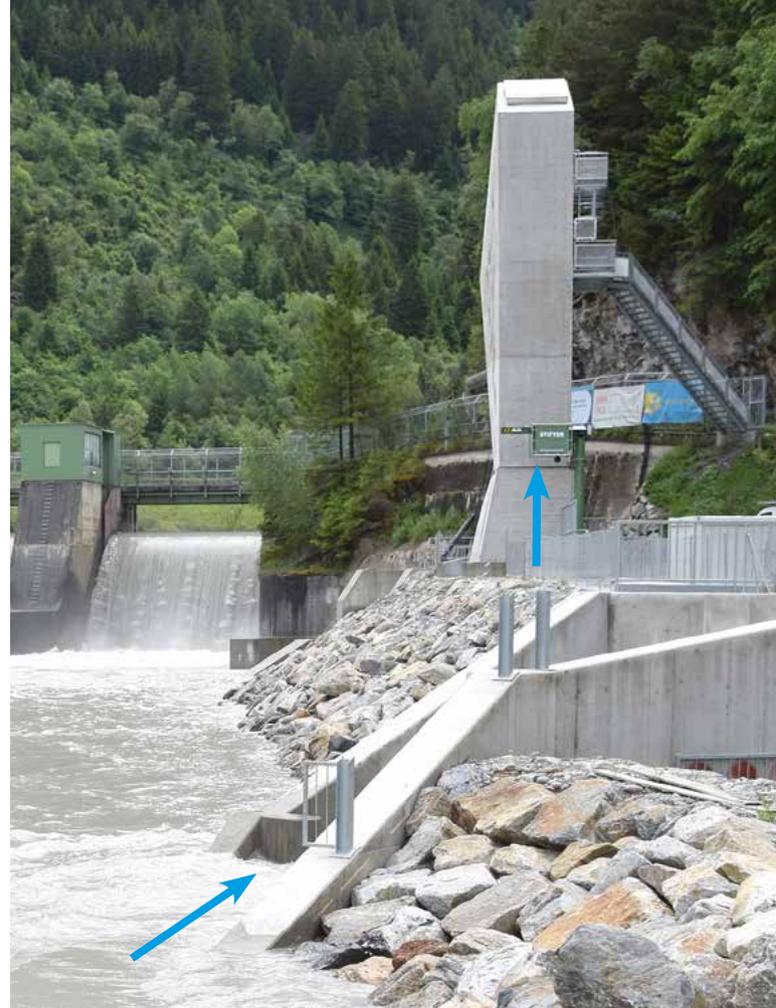
Bei den **Fischwanderhilfen** reicht das Spektrum von naturnahen Umgehungsgerinnen bis zu technischen Lösungen wie **Schlitzpässen** oder sogar **Fischliften** (bei sehr großen Höhendifferenzen und beschränkten Platzverhältnissen).



Ein **Schlitzpass** ist eine technische, aber wirkungsvolle Maßnahme, um den Fischen die Passage über Wehranlagen zu ermöglichen. Pfeile: Wanderrichtung der Fische

Die Erfordernisse solcher Maßnahmen wurden durch die 2000 in Kraft getretene **Wasserrahmenrichtlinie** (WRRL) der EU unterstrichen. Die wesentlichen Ziele der WRRL sind die Wiederherstellung eines guten ökologischen Zustandes (Verbesserungsgebot) sowie die Vermeidung weiterer Verschlechterungen (Verschlechterungsverbot). Der aktuelle Zustand sowie Maßnahmen zur Umsetzung dieser Ziele werden in den Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplänen (NGP) periodisch dokumentiert und festgeschrieben.

In **Tirol** sind mit Stand 2016 insgesamt knapp über **1.000 Wasserkraftwerke** erfasst, wobei sich ein Missverhältnis zwischen der Anlagengröße und der Jahresstromerzeugung zeigt. Die weitaus größte Anzahl bilden kleinere Anlagen (< 1 MW). Rund 900 dieser kleinen Anlagen produzieren aber nur 5 % der gesamten Jahresstromerzeugung aus Wasserkraft. Im Gegensatz dazu leisten die 25 größten Anlagen (> 10 MW) ca. 75 % der gesamten Energieproduktion aus Wasserkraft.



Bei sehr ungünstigen Verhältnissen mit großen Höhendifferenzen und beengtem Raum kann auch ein Fischlift notwendig sein.



Grünstreifen oder Ufergehölz (im Hintergrund) verhindern, dass Spritzmittel und Dünger vom Acker ins Gewässer gelangen.

## Einfluss der landwirtschaftlichen Nutzung auf Gewässer

Die landwirtschaftliche Nutzung hat vielfältige Auswirkungen auf Gewässerlebensräume. Die nachhaltigsten Wirkungen haben die historischen Regulierungsmaßnahmen zur Landgewinnung bzw. die Melioration zur Verbesserung der landwirtschaftlichen Nutzung, beispielsweise durch Entwässerungsmaßnahmen. Damit gingen ganze Gewässersysteme, insbesondere flussbegleitende Augewässer, stark zurück bzw. ganz verloren (siehe auch S. 60).

Einflüsse können sich durch **Wasserentnahmen** für Bewässerungszwecke ergeben. Wasserentnahmen sind auch für Fischzuchten relevant, das Ausmaß ist aber zumeist gering. Eine Rolle spielt bei **Fischzuchten** neben anderen Aspekten auch der Nährstoffeintrag durch die aus den Teichen in den Vorfluter zurückgeleiteten Wässer. Diese Auswirkungen sind zumindest in Tirol verhältnismäßig gering und auch durch die entsprechenden wasserrechtlichen Bewilligungen reglementiert.



Entwässerungsgraben



Jochalgenbewuchs durch Überdüngung

Der Eintrag an Nährstoffen und organischen abbaubaren Substanzen durch **Düngung** der an die Gewässer angrenzenden Äcker und Wiesen spielt demgegenüber eine geringere Rolle, er führt aber zu einer erhöhten Grundbelastung. Selbst in hochgelegenen und scheinbar unberührten Lagen kann bereits die Almwirtschaft zu merkbar Nährstoffeinträgen und einer damit einhergehenden Beeinträchtigung eines sehr guten Gewässerzustandes führen. Besonders gut bemerkbar ist dies anhand der Aufwuchsalgen. Durch den Verlust bzw. die Reduktion von Gewässerrandstreifen und Ufergehölzen werden Nährstoffeinträge weniger abgepuffert und gelangen dann verstärkt in die Gewässer. Diese erhöhte Grundbelastung durch diffuse, schwer zu verortende und zu verringende Stoffeinträge ist großflächig bemerkbar.

Schadensereignisse durch punktuelle Gülleeinträge o.ä., die in kleineren Gewässern zu Fischsterben führen können, sind zwar spektakulärer und medial präsent, stellen demgegenüber aber lokale und vorübergehende Ereignisse dar.

Sind die schädlichen Auswirkungen von **Pflanzenschutzmitteln** auf Menschen und Insekten in aller Munde wie z.B. von Glyphosat oder Neonicotinoiden und ist auch im Zusammenhang mit der Belastung von Grundwasser durch Pestizide bereits einiges bekannt, so weiß man noch relativ wenig über deren Auswirkungen auf Oberflächengewässer. Sicherheitsdatenblätter geben nur akute Toxizitätswerte an. Viele Pestizide sind zwar als sehr giftig für Wasserorganismen eingestuft, vielfach gibt es aber keine konkreten Grenz- oder Richtwerte für Oberflächengewässer (deutlich mehr Wirkstoffe sind in den Grund- und Trinkwasserverordnungen berücksichtigt).

#### **Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Minimierung der Einträge von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln in Gewässer:**

- Schaffung von extensiv bzw. unbewirtschafteten Pufferzonen zwischen Gewässern und Anbauflächen (Grünstreifen, Blühstreifen, Hecken, Ufergehölz; siehe S. 4 und 67).
- Verminderung von Bodenerosion durch den Anbau von Zwischenfrüchten bzw. Untersaaten und durch eine reduzierte, schonende Bodenbearbeitung.
- Nutzung abdriftmindernder Techniken und Vermeidung der Ausbringung bei starkem Wind.
- Verzicht auf eine Ausbringung auf wassergesättigten und gefrorenen Böden.
- Reduzierung von Stickstoff- und Phosphordünger auf das Maß des Pflanzenbedarfs bzw. der Nährstoffabfuhr über Ernteprodukte.
- Ein Fruchtwechsel spart Dünger und Pflanzenschutzmittel.

# Ökologischer Gewässerzustand

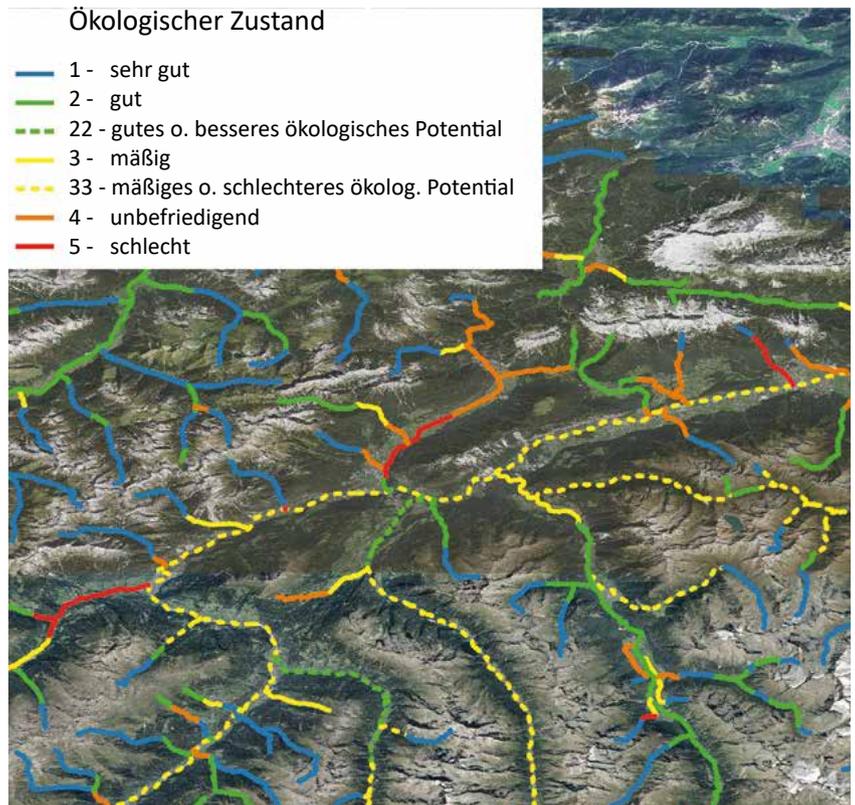
Beim „ökologischen Zustand“ eines Gewässers sind mehrere Teilkomponenten zu beurteilen. Die **abiotischen Qualitätskomponenten** umfassen die **physikalisch-chemischen Eigenschaften** (Temperatur, Sauerstoffhaushalt, Versauerungszustand und Nährstoffe) sowie die **Hydromorphologie** (Wasserhaushalt, Gewässerstruktur und Durchgängigkeit). Eine wesentliche Rolle kommt den **biotischen Qualitätskomponenten** zu. Dabei wird der Zustand der **Wasserpflanzen** (Makrophyten, die aber nicht bei allen Gewässertypen relevant sind), der **Aufwuchsalgen** (Phytobenthos), der **Bodentiere** (Makrozoobenthos) und der **Fische** bewertet.

Der ökologische Zustand wird heute durch wesentlich mehr Aspekte bestimmt als die frühere „Gewässergüte“, welche nur auf die Abwasserbelastung abzielte. Er umfasst auch die Auswirkungen von **Gewässerverbauungen, Wasserkraftnutzungen** usw. Der **ökologische Zustand wird in 5 Klassen bewertet (mit Farben symbolisiert)**, die als Abweichung von einem weitgehend unbeeinflussten natürlichen Zustand definiert sind. Je nach Gewässertyp gibt es mehrere Parameter, die dabei ermittelt und auch zu „multimetrischen Indices“ verrechnet werden. Auch die klassische „Gewässergüte“ bzw. der Saprobitätsgrad (Saprobität = Gehalt an organischen, unter Sauerstoffverbrauch abbaubaren Stoffen) wird dabei berücksichtigt. Ein **sehr guter ökologischer Zustand** weicht von einem natürlichen Zustand nur geringfügig ab. Eine noch tolerierbare Beeinträchtigung stellt der **gute ökologische Zustand** dar, wohingegen eine **mäßige, unbefriedigende** oder **schlechte Zustandsklasse** Handlungsbedarf bedeuten und der Zustand in solchen Gewässerstrecken bzw. sogenannten Wasserkörpern zu verbessern ist.

Aktueller Gewässerzustand – Kartenausschnitt im Bereich des oberen Inntales  
(Datenquelle: Land Tirol - data.tirol.gv.at) →

**Weitere Bewertungskriterien** sind bei der Bodenfauna beispielsweise die Zusammensetzungen der Ernährungstypen, die Charakterisierung der biozönotischen Region (Biozönose = Lebensgemeinschaft; biozönotische Region = Abfolge typischer Artengemeinschaften im Längsverlauf von Fließgewässern mit kennzeichnenden Leitarten wie der Bachforelle, Äsche oder Barbe) oder die Anteile sensibler Artengruppen wie der Eintags-, Stein- und Köcherfliegen (EPT-Taxa) und toleranter Formen wie der Borstenwürmer.

Bei den **Fischen** bewertet man die Anzahl der Leit- und Begleitarten im Vergleich mit der natürlicherweise zu erwartenden Artenvielfalt. Auch der Altersaufbau der Fischpopulation, beispielsweise ob sich die Fische in ausreichendem Maß selbst reproduzieren können, und die erreichten Biomassen sind wesentliche Kriterien.



## Gliederfüßer (Arthropoda)

Außenskelett aus Chitin. Die Körpersegmente können eine mehr oder weniger große Zahl an gegliederten Extremitäten und deren Abwandlungen (z.B. Antenne = Fühler, Mundwerkzeuge) tragen.

## Insekten (Insecta)

mit 3 Paar Laufbeinen,  
1 Paar Antennen

### Höhere Krebse (Malacostraca)

2 Paar Antennen und deutlich mehr als  
4 Beinpaare



### Milben (Acari)

sehr klein, 4 Beinpaare; zählen  
zu den Spinnentieren



### Hemimetabole Insekten

ohne Puppenstadium (siehe S. 50)

### Wanzen (Heteroptera)

Larven und Adulte im oder am  
Wasser, Stechrüssel an der  
Kopfunterseite



### Libellen (Odonata)

Larven mit Fangmaske. Zart gebaut mit 3 Tracheen-  
kiemen am Hinterleibsende (**Kleinlibellen, Zygoptera**)  
oder mehr oder weniger plump, ohne sichtbare  
Tracheenkiemen (**Großlibellen, Anisoptera**)



### Strudelwürmer (Turbellaria)

Primitive Vielzeller mit  
plattem, bewimpertem  
Körper



### Weichtiere (Mollusca)

Alle aquatischen Vertreter schützen ihren  
Körper mit einer Schale.

**Schnecken (Gastropoda)** mützenartiges,  
meist gewundenes Gehäuse, **Muscheln**  
(**Bivalvia**) zweiklappiges Gehäuse



**Holometabole Insekten**  
mit Puppenstadium (siehe S. 53)

**Köcherfliegen (Trichoptera)**

Larven mit oder ohne Köcher aus Steinchen oder Pflanzenteilen



**Steinfliegen (Plecoptera)**

Larven immer mit 2 Körperanhängen, teilweise Tracheenkiemen, vor allem am Brustabschnitt



**Eintagsfliegen (Ephemeroptera)**

Larven mit abgeplattetem oder tropfenförmigem Körper, seitlich am Hinterleib Tracheenkiemen; meist 3, seltener 2 Körperanhänge



**Zweiflügler (Diptera)**

Sehr vielgestaltige Larven, oft wurmförmig, mit Stummelbeinchen oder Kriechwülsten. Kopfkapsel deutlich ausgebildet (**Mücken**) bis stark reduziert (**Fliegen**)



**Käfer (Coleoptera)**

Unterschiedliche Gruppen, Larven und Adulte im Wasser



**Ringelwürmer (Annelida)**

Der Körper ist segmentiert: **Wenigborster (Oligochaeta)** mit drehrundem Körperquerschnitt und **Egel (Hirudinea)**, deren platter Körper zumindest am Hinterende einen Saugnapf trägt



## Bildnachweis

**Alamy:** Wild Wonders of Europe/**Radisics** (S. 61-u.)

**Arge Limnologie - Innsbruck** (S. 3-u., 4-li.u., 59-u., 62, 64-o., 66, 67-u., 68, 69

**Biopix.dk:** **Gudena Alegods Bakke** (S. 30)

**Bertrand Cotte**, Galerie du Monde des Insectes (S. 47-li.o.)

**Wolfram Graf** (S. 6-u., 42-u., 52-li.o.)

**Jan Hamrsky** (S. 7-u., 23, 43-o., 44-o., 45-u.)

**Horst Lange-Bertalot** (S. 36-o.m.)

**Josef Lubomir Hlasek** (S. 56-o.)

**Gernot Kunz** (S. 13-u.)

**Land Tirol** (S. 60-m.,u.)

**Christian Moritz** (S. 49-o., 60-o., 61-o., 63, 64-u., 65-m.,o.)

**Pixabay:** **Fotari** (S. 1), **Ivo Houška** (S. 4-o.), **Guy Rey-Bellet** (S. 49-u.), **Wolfgang Brauner** (S. 51-re.o.)

**Christoph Walder - WWF** (S. 8-o.)

**Zoonar:** **F. Hecker** (S. 6-o., 57-o.), **Reinhard** (S. 58-o.)

**alle übrigen Fotos (128):** **Rudolf Hofer** - [www.focusnatura.at](http://www.focusnatura.at)

**Zeichnungen:** **Rudolf Hofer** (S. 25 verändert nach Randall, 1968)

## Layout: Rudolf Hofer

Druck: Buchdruckerei Lustenau

## Dank an

**Arge Limnologie, Bertrand Cotte, Wolfram Graf, Horst Lange-Bertalot, Pixabay (Fotari, Houška, Brauner, Rey-Bellet)** und **Christoph Walder** für Fotobeiträge,

**Peter Pfister** für Pflanzenbestimmungen, **Nikolaus Medgyesy** u. **Timo Kopf** für die Bereitstellung von Fotoobjekten,

**Elisabeth Hofer** für die kritische Durchsicht des Manuskripts

## Literatur

Bergbauer, M. (2016) **Welcher Fisch ist das?** Kosmos Verl., 176 pp

Engelhardt, W. (2015) **Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?** Kosmos Verl., 314 pp

Füreder, L. (2007) **Nationalpark Hohe Tauern - Gewässer:** Wissenschaftliche Schriften. Tyrolia Verl., 248 pp

Oldorff, S. & Kirschey, T. (2017) **Pflanzen im Süßwasser.** Kosmos Verl., 288 pp

Schwoerbel, J. & Brendelberger, H. (2013) **Einführung in die Limnologie.** Springer Spektrum, 386 pp

Streble, H. & Krauter, D. (2018) **Das Leben im Wassertropfen.** Kosmos Verl., 400 pp

Wichard, W., Arens, W. & Eisenbeis, G. (2013) **Atlas zur Biologie d. Wasserinsekten.** Springer Spektrum, 338 pp

Eintagsfliegen-Larve  
(*Epeorus alpicola*)





Längental (Kühtai)