

# UNTER.WASSER.WELT

BIOLOGIE  
ZENTRUM  
LINZ  
DAS ÖÖ. LANDESMUSEUM



**M** ÖÖ. LANDESMUSEUM  
LANDES  
MUSEUM

## IMPRESSUM

Dieser Katalog erscheint zur Ausstellung „Unter:Wasser:Welt“ im Biologiezentrum des Oberösterreichischen Landesmuseums vom 21.10.2014 bis 20.9.2015.

Kataloge des Oberösterreichischen Landesmuseums N.S. 164; ISBN 978-3-85474-303-3

Linz 2014

Medieninhaber: Land Oberösterreich / Oberösterreichisches Landesmuseum

Wissenschaftliche Direktorin: Gerda Ridler

Kaufmännischer Direktor: Walter Putschögl  
Museumstraße 14, A-4010 Linz  
[www.landmuseum.at](http://www.landmuseum.at)

Herausgeber: Biologiezentrum des Oberösterreichischen Landesmuseums

Johann-Wilhelm-Klein-Str. 73, 4040 Linz Austria

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

Redaktion: Stephan Weigl

Autorin: Andrea Benedetter-Herrnhof

Grafische Gestaltung: Eva Rührnößl

Druck: Plöchl Druck Freistadt

Coverfotos: vorne: Grüner See. Foto: Harald Hois; hinten: Bergmolch-Larven. Foto: Gerald Kapfer

## Ausstellung

Kuratorinnen: Stephan Weigl, Alexandra Aberham, Andrea Benedetter-Herrnhof

Assistenz: Michaela Minich

Naturvermittlung: Sandra Malez, Lisa Haitzinger, Gerlinde Kaineder, Rosalinde Machatschek, Heidi Pöhlmann, Eva Wintersberger

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit: Sigríd Lehner, Sandra Biebl

Leihgeber

Fa. scubaboard, Linz

## FOTONACHWEISE

Gerhard Aubrecht: 55

Andrea Benedetter-Herrnhof: 8 oben re, 13 unten, 14 unten, 26 unten, 30 Mitte li, 32 oben re, 33 oben li, 33 oben re, 33 unten, 36, 42 li, 62 Mitte, 71 re

Heiko Bellmann: 4 unten, 6 oben li, 6 unten li, 15 re, 20 unten re, 21 re, 24 unten re, 25 oben, 25 unten, 26 unten, 30 unten li, 31 li, 32 oben li, 49 unten3n li und re, 50 unten, 51 unten re, 62 unten, 69 alle

Hubert Blatterer: 31 re, 51 unten li, 51 oben re, 52 alle, 54 oben und unten

Martin Brader: 54

Bundesamt für Wasserwirtschaft: 30 oben re

C. Fesi: 24, Mitte li

Franz Gangl: 24 oben li

Wolfgang Hauer: 46 oben und Mitte re, 47 oben re, 65 oben

Severin Hohensinner: 58

Harald Hois: 1, 7, 8 oben li, 20 oben re, 21 li, 22, 26 oben, 30 oben li, 32 unten Mitte, 40 unten re, 46 Mitte li, 47 oben li, unten li, unten re, 60 oben, 62 oben, 65 unten

Gerald Kapfer: 2, 8 unten li, 15 li, 16 oben re, 16 unten li, 18, 20 oben li, 24 oben re, 24 unten li, 27 unten, 28 oben, 32 unten li, 32 unten re, 41 oben li, 42 re, 45, 48, 59, 61, 63 oben, 63 unten, 71 unten li

Land Oberösterreich: 67, 57 oben re

Michaela Minich: 3 li, 12 oben, 14 oben, 43 oben, 49 oben

Markus Taurer: 60 unten

Erich Weigand: 37

Stephan Weigl: 3 re, 4 li, 6 oben re, 8 unten re, 12 unten, 13 oben, 16 unten re, 32 Mitte re, 40 oben re, 40 oben li, 41 oben re, 46 unten, 50 oben, 51 oben li, 68 oben

Werner Weissmair: 27 oben

Wikimedia Commons: Yeoman Alphonso Braggs 4 re, Hans Hillewaert 9, Norbert Schuller Baupi 20 unten li, Hajime Watanabe - PLoS

Genetics 30 unten re, Olsine 43 unten, Eric Engbretson, U.S. Fish and Wildlife Service 63 mitte, Thomas Then 68 unten, Andreas

Praefcke 71 oben li, Michael Meding 16 oben li

WWF: 57 unten

Gerlad Zauner: 66

Klaus Zeugner: 10, 35 li und re, 38, 41 unten, 56, 57 oben li

Zamag: 17

Das Oberösterreichische Landesmuseum hat sich bemüht, alle Bildrechte abzuklären. Bei einigen Bildern konnte der Rechteinhaber nicht ausfindig gemacht werden. Rechteinhaber werden gebeten, sich an das Oberösterreichische Landesmuseum zu wenden.

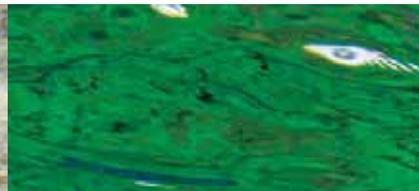
# Vorwort

Im Zuge der Vorbereitungen für die Dauerausstellung „Natur Oberösterreich“, die im Jahre 2009 im Linzer Schlossmuseum eröffnet wurde, sah ich zum ersten Mal die Fotos der beiden Taucher Harald Hois und Gerald Kapfer. Sie zeigten heimische Welten unter Wasser, von deren Existenz ich nicht einmal geahnt hatte, in einer faszinierenden Schönheit, Fremdartigkeit und doch Vertrautheit. Verbindet man gemeinhin das Tauchen mit tropischen Korallenriffen in exotischen Meeren, tat sich hier ein ganz anderes Universum auf: In beinahe wüstenartig erscheinenden Bergseen, tiefgrünen Algenwäldern oder beeindruckenden Felslandschaften begegnet man im oft glasklarem Wasser Fischen, Krebsen oder Köcherfliegenlarven. Das Erstaunlichste daran aber ist, dass diese Welt uns unmittelbar und fast überall irgendwo umgibt, sie aber so gut wie unbekannt ist. Freilich beschäftigen sich Limnologen schon seit mehr als hundert Jahren mit der Erfassung der physikalischen, chemischen und biologischen Faktoren unter Wasser, aber einen Eindruck, wie es „da unten“ aussieht, vermitteln auch sie nicht. Aber sie liefern die wesentlichen Grundlagen für das Verständnis der komplexen Ökologie unserer Fließ- und Stillgewässer, die heute mehr denn je einem enormen Nutzungsdruck ausgesetzt sind. Durch massive Anstrengungen konnten in den vergangenen Jahrzehnten in ganz Österreich zwar beste Gewässergüte erreicht werden, hinsichtlich ihrer Natürlichkeit sind allerdings zwei Dritteln unserer Flussläufe vor allem durch Baumaßnahmen für Hochwasserschutz und Wasserkraftnutzung stark beeinträchtigt. Es ist zu hoffen, dass in den kommenden Jahren auch hier Verbesserungen erfolgen. Vielleicht kann die Ausstellung Unter.Wasser.Welt dazu etwas beitragen, indem sie auf diesen unbekanntem Lebensraum aufmerksam macht und Menschen für seine Schönheit und Einmaligkeit aber auch Empfindlichkeit sensibilisiert. Denn nur was wir kennen, hat auch die Chance geschützt zu werden.

Linzer, im November 2014

Stephan Weigl





**Das Leben auf der Erde ist im Wasser entstanden. Auch heute lebt die Mehrheit aller Organismen in Gewässern. Doch nicht nur sie, sondern auch sämtliche Landbewohner – seien es nun Pflanzen, Tiere oder Menschen – sind vom Wasser abhängig. Die meisten Lebewesen bestehen zu einem großen Teil (bis zu 70% und mehr ihres Gewichtes) aus Wasser. So trägt zum Beispiel ein Mensch mit 70 kg Körpergewicht etwa 42 kg Wasser mit sich herum.**

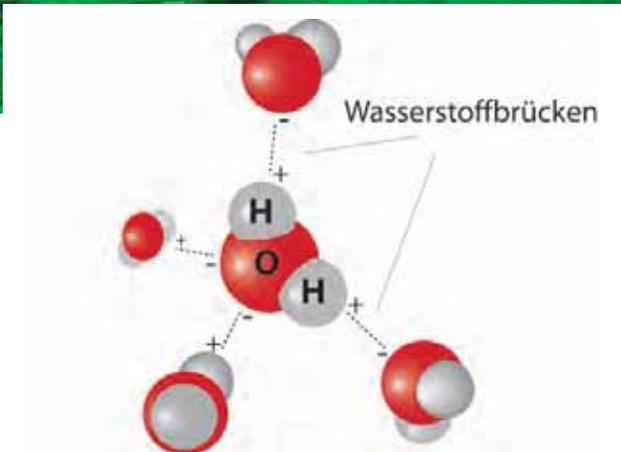
## H<sub>2</sub>O

Wasser mag auf den ersten Blick nicht besonders aufregend erscheinen: ein Stoff ohne Farbe, ohne Geruch und ohne Geschmack. Dennoch weist es eine ganze Reihe von einmaligen chemischen und physikalischen Eigenschaften auf, die die Entwicklung des Lebens auf der Erde erst möglich gemacht haben.

### Kleines Molekül, ganz groß

Wasser ist eine ganz besondere Substanz. So liegt es zum Beispiel als einziger bekannter Stoff in der Natur in allen drei Aggregatzuständen vor. Es ist also je nach Temperatur fest, flüssig oder gasförmig. In zahlreichen seiner Eigenschaften unterscheidet es sich deutlich von ähnlichen Verbindungen. Dabei ist die molekulare Struktur des Wassers denkbar einfach:

Es besteht aus einem Sauerstoff- und zwei Wasserstoffatomen. Diese sind durch eine sogenannte Elektronenpaarbindung miteinander verbunden. Dabei stellen beide Bindungspartner Elektronen (elektrisch negativ geladene Teilchen in der Hülle eines Atoms) zur Verfügung. Diese werden dann als Elektronenpaare gemeinsam benutzt. Allerdings zieht das Sauerstoffatom die Elektronen etwas



**Wassermoleküle sind sogenannte Dipole. Das heißt, innerhalb eines Moleküls existieren positiv und negativ geladene Bereiche. Aus diesem Grund bestehen zwischen den einzelnen Molekülen ausgeprägte Anziehungskräfte. Wassermoleküle stehen miteinander über Wasserstoffbrücken in Wechselwirkung. Jedes Wassermolekül kann mit vier benachbarten Molekülen eine solche Bindung eingehen.**

stärker zu sich. Aus diesem Grund hat der Sauerstoff eine negative Ladung, während die Wasserstoffatome positiv geladen sind. Und weil diese Ladungsschwerpunkte nicht örtlich zusammenfallen, ist das Wassermolekül ein sogenannter Dipol – also ein „Zweifachpol“ mit einer positiven und einer negativen Teilladung. Die Tatsache, dass das Wassermolekül ein Dipol ist, bestimmt ganz wesentlich die physikalischen Eigenschaften von Wasser. Denn die räumliche Ladungstrennung bewirkt eine starke Anziehung zwischen den einzelnen Wassermolekülen: Die Moleküle bilden untereinander sogenannte Wasserstoffbrücken aus. Durch diese Wasserstoffbrücken werden die einzelnen Moleküle zu Gruppen (sogenannten Clustern) verkettet. Allerdings sind diese zwischenmolekularen Bindungen nicht von Dauer, sondern bestehen nur Bruchteile von Sekunden. Immer wieder lösen sich Moleküle aus dem Verbund, um sich ebenso rasch wieder neu zu verketteten. Die Cluster sind also variabel.

Die Ausbildung von Wasserstoffbrücken hat weitreichende Folgen: Es ist viel Energie nötig, um den Verbund der einzelnen Wassermoleküle untereinander zu lösen. Aus diesem Grund hat Wasser, gemessen an der geringen Größe des  $\text{H}_2\text{O}$ -Moleküls, einen extrem



**Der Dipol-Charakter des Wassermoleküls lässt sich mit einem einfachen Experiment nachweisen. Man muss dazu nur einen statisch aufgeladenen Gegenstand (z. B. einen Plastikstab, den man zuvor an einem Wollstoff gerieben hat) neben einen schwachen Wasserstrahl halten. Die Wassermoleküle richten sich in dem elektrischen Feld aus. Der Strahl wird von der Ladung angezogen.**

hohen Schmelz- und Siedepunkt. Ohne die Wasserstoffbrückenbindungen würde schon deutlich weniger Energie ausreichen, um Eis zum Schmelzen bzw. Wasser zum Sieden zu bringen. Wasser wäre dann schon bei Raumtemperatur keine Flüssigkeit, sondern ein Gas. Sein Schmelzpunkt läge bei rund  $-100^\circ\text{C}$ , sein Siedepunkt bei etwa  $-80^\circ\text{C}$ .

Aber auch die Dichteanomalie des Wassers (also die Tatsache, dass es bei ca.  $4^\circ\text{C}$  seine größte Dichte erreicht und sich bei einer weiteren Verringerung der Temperatur wieder ausdehnt) ist auf die Ausbildung von Wasserstoffbrücken zurückzuführen. Und dasselbe gilt für die ausgezeichnete Lösungseigenschaft des Wassers. In Wasser lösen sich nämlich weitaus mehr Stoffe, als in jeder anderen Flüssigkeit. Beim Lösungsvorgang werden bestehende Wasserstoffbrücken zwischen den Wassermolekülen aufgebrochen. Die Wassermoleküle bilden dann eine Hülle um die gelösten Teilchen oder aber es entstehen neue Wasserstoffbrücken zwischen den Wassermolekülen und dem gelösten Stoff.

Da Wasser ein so hervorragendes Lösungsmittel ist, gibt es in der Natur aber auch kein „reines“ Wasser – also Wasser, das aus-



Die Polarität einer Substanz bestimmt, ob diese in Wasser löslich ist oder nicht: Kommt Wasser mit einer polaren Substanz in Verbindung, so bestehen zwischen den Dipolen Wechselwirkungen. Die Substanz löst sich in Wasser. Unpolare Substanzen (wie zum Beispiel Öle) tragen im Gegensatz zu polaren Substanzen keine elektrischen Ladungen. Sie sind daher in Wasser nur sehr schlecht löslich.



Die im Wasser gelösten Stoffe beeinflussen seine chemischen und physikalischen Eigenschaften. So gefriert Meerwasser zum Beispiel erst bei  $-1,8^{\circ}\text{C}$ , da die in ihm gelösten Salze den Gefrierpunkt senken.



Wassermoleküle ziehen sich gegenseitig an und bilden Wasserstoffbrücken zwischen sich aus. Im Inneren der Flüssigkeit wirken diese Anziehungskräfte von allen Seiten gleichermaßen auf ein Molekül ein. Die Moleküle an der Wasseroberfläche werden dagegen nur nach innen gezogen. Daraus resultiert die hohe Oberflächenspannung des Wassers. Manche Lebewesen (wie zum Beispiel Wasserläufer) nutzen diese, um sich auf der Wasseroberfläche fortzubewegen.

Wassermoleküle ziehen sich nicht nur gegenseitig an, sondern treten auch mit anderen Stoffen in Wechselwirkung. Ein Stoff hat eine hydrophile („wasserliebende“) Oberfläche, wenn er von Wasser benetzt wird. Hydrophobe („wassermeidende“) Oberflächen dagegen stoßen Wasser ab. Hydrophobie ist vor allem für jene Wasserlebewesen wichtig, die an der Wasseroberfläche Luftsauerstoff aufnehmen, wie zum Beispiel der Kleine Kolbenwasserkäfer. Denn dafür ist eine trockene Verbindung der Atmungsorgane mit der Atmosphäre unerlässlich.



schließlich aus H<sub>2</sub>O-Molekülen besteht. Natürlich vorkommendes Wasser ist immer mit gelösten Stoffen versetzt: Es enthält wechselnde Mengen von Salzen (wie zum Beispiel Alkali- oder Erdalkalisalze), dazu Gase (wie Sauerstoff und Kohlendioxid) und organische Verbindungen. Diese gelösten Stoffe beeinflussen ganz maßgeblich die Eigenschaften des Wassers, wie zum Beispiel den pH-Wert, den Gefrierpunkt oder die Dichte. Wasser ist aber nicht nur ein gutes Lösungsmittel, sondern zugleich auch ein wichtiges Transportmittel für die in ihm gelösten Stoffe – seien es nun, Gase, Nährstoffe oder Abfallstoffe. Dies ist für die wasserlebenden Organismen von größter Wichtigkeit.

### Gasförmig – flüssig – fest

Wasser kommt unter Normalbedingungen in festem, flüssigem und gasförmigem Aggregatzustand vor. Die Übergänge zwischen zwei Aggregatzuständen gehen stets mit einer Energieänderung einher, wobei entweder Energie zugeführt oder freigesetzt wird. Oder anders ausgedrückt: Die Zustandsänderungen sind abhängig von der Temperatur. Wasser siedet unter Normalbedingungen bei 100°C und erstarrt bei 0°C zu Eis. Für das Leben auf der Erde und nicht zuletzt für den Menschen sind diese Eigenschaften des Wassers von herausragender Bedeutung.

Wenn Wasser zu **Eis** gefriert, wird aus der Flüssigkeit ein kristalliner Festkörper. Der Definition nach handelt es sich bei Eis um eine *homogene chemische Verbindung natürlichen, anorganischen Ursprungs mit einer bestimmten Struktur*. Dies bedeutet: Wasser in seiner festen Form ist ein Mineral! (Genauer gesagt zählt Eis zur Mineralklasse der Oxide – also zu jenen Verbindungen von Metallen oder Nichtmetallen mit Sauerstoff, zu denen beispielsweise auch Korund oder Magnetit zählen.) In der Natur tritt Eis in den unterschiedlichsten Formen auf – vom Hagelkorn bis zum Gletscher. Während in flüssigem Wasser noch eine Mischung aus Ordnung und Chaos herrscht, sind die Wassermoleküle im Eis in einem Kristallgitter angeordnet. Jedes Wassermolekül ist durch Wasserstoffbrücken mit vier benachbarten Wassermolekülen verbunden. Diese

Anordnung ergibt ein regelmäßiges, weitmaschiges Gitter mit sechseckigen Hohlräumen, die so groß sind, dass in ihnen sogar andere Moleküle eingelagert sein können. Diese Hohlräume lassen das Volumen von Eis gegenüber dem von Wasser um zirka 9% ansteigen. Daher besitzt Eis eine geringere Dichte als flüssiges Wasser.

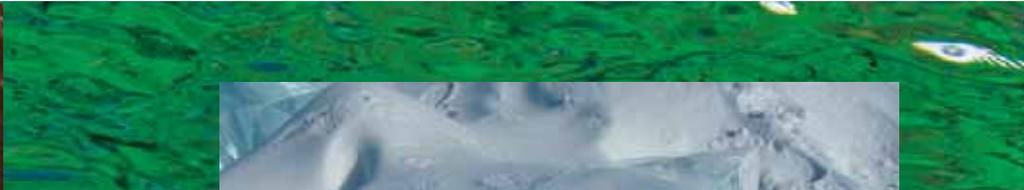
Wenn Eis schmilzt, bricht die starre, aber ausgesprochen „luftige“ Struktur des Kristallgitters zusammen, sodass die Wassermoleküle wieder einen dichteren Verband bilden. So wird aus dem festen Kristall ein veränderliches Netzwerk von Molekülen, in dem jedes einzelne Wassermolekül nicht immer von exakt vier anderen umgeben ist. Dabei werden erstaunlicherweise lediglich etwa 10 bis 15% aller Wasserstoffbrücken gelöst. Dennoch unterscheidet sich flüssiges **Wasser** ganz eklatant von Eis – und zwar nicht nur in seiner Dichte, sondern zum Beispiel auch in seiner spezifischen Wärmekapazität, seiner Wärmeleitfähigkeit oder seiner elektrischen Leitfähigkeit.

Anders als Eis ist flüssiges Wasser nicht gleichmäßig aufgebaut. Es treten Ansammlungen von Wassermolekülen (Cluster) auf, die durch Wasserstoffbrücken miteinander verbunden sind. Am größten sind diese Cluster, die sich ständig neu organisieren, bei einer Temperatur von 4°C. Bei Raumtemperatur dagegen bestehen die Cluster vermutlich aus drei bis zehn Wassermolekülen. Allerdings ist die genaue Struktur des Wassers noch nicht in seinen Einzelheiten geklärt. (Aufgrund der raschen Fluktuation der Wasserstoffbrücken konnte bislang nämlich noch kein Clustermolekül isoliert werden.)

Gasförmiges Wasser, sogenannter **Wasserdampf**, entsteht, wenn die Energie der Wassermoleküle hoch genug ist, um die Anziehungskräfte der umgebenden Moleküle zu überwinden. Jene Wassermoleküle, die sich nahe genug an der Oberfläche befinden, können dann aus der Flüssigkeit in die Gasphase entweichen. Oberhalb des Siedepunktes wird dieser Prozess als Verdampfung bezeichnet. Geht Wasser dagegen unterhalb seines Siedepunktes in den gasförmigen Zustand über, nennt man dies Verdunstung. Anders als in Wasser oder Eis bewegen sich die einzelnen Wassermoleküle



In Eis sind die Wassermoleküle räumlich fixiert und bilden die höchstmögliche Anzahl von Wasserstoffbrücken aus. Sie sind in einer regelmäßigen, aus Sechsecken bestehenden Struktur angeordnet. Dieses hexagonale Kristallgitter spiegelt sich zum Beispiel in den sechseckigen Schneeflocken wieder.



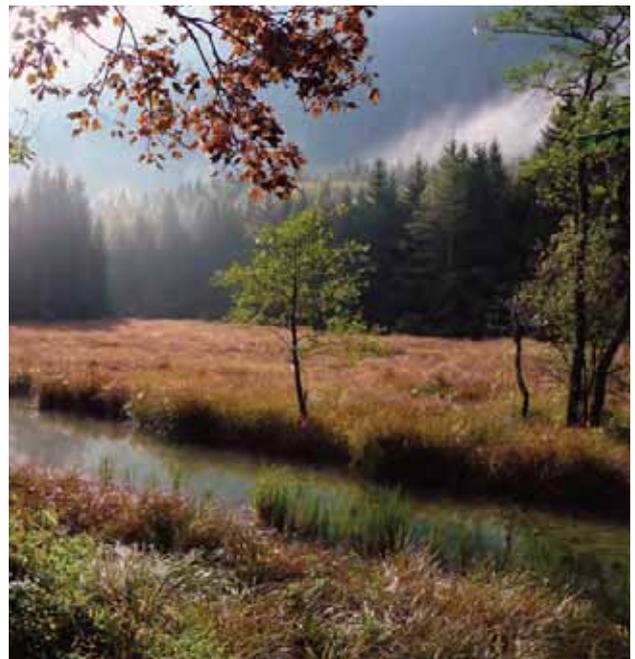
Reines Eis besteht aus farblosen Kristallen. Meist werden jedoch feine Luftbläschen in die Eiskristalle eingeschlossen, wenn Wasser zu Eis erstarrt. Von diesem Luftgehalt hängt die Farbe des Eises ab: Enthält Eis viel Luft, erscheint es durch vielfache Lichtbrechung weiß. Eis, das wenig Luft enthält, ist dagegen durchsichtig, blau oder grün.



Enthält Eis viel Luft, erscheint es durch vielfache Lichtbrechung weiß. Eis, das wenig Luft enthält, ist dagegen durchsichtig, blau oder grün.



Wenn Wasserdampf aus der Luft direkt vom gasförmigen in den festen Zustand übergeht, entstehen zum Beispiel Reif und Raureif (fester Niederschlag). Man bezeichnet diesen Vorgang als Resublimation.



Wasserdampf – also Wasser in seinem gasförmigen Aggregatzustand – ist ein wichtiger Bestandteil der Atmosphäre. Sichtbar wird er jedoch erst, wenn der Sättigungspunkt erreicht wird und sich kleine Wassertropfen bilden. Dann entstehen Nebelschwaden oder Wolken.



**Der Dichteanomalie des Wassers ist es zu verdanken, dass die Fische (und Eistaucher) im Winter nicht einfrieren. Wasser erreicht bei 4°C seine maximale Dichte. Kälteres Wasser und auch Eis sind weniger dicht und damit leichter. Aus diesem Grund friert ein Gewässer von oben und nicht von unten zu. Die Temperatur am Grund eines Sees beträgt auch im Winter konstante 4°C.**

im gasförmigen Zustand regellos und unabhängig voneinander im Raum. Sie sind so weit voneinander entfernt, dass sich nur noch gelegentlich kleine Cluster ausbilden. Gasförmiger Wasserdampf ist farblos und nicht sichtbar. Umgangssprachlich wird der Begriff Wasserdampf jedoch meist mit Nassdampf gleichgesetzt – also mit Dampfschwaden, bei denen es sich in Wahrheit um ein Gemisch aus Luft, Wasserdampf und feinsten Wassertropfen handelt.

### Ein See friert nicht von unten zu

Die physikalischen Besonderheiten des Wassers sind für das Überleben von Organismen in Gewässern grundlegend. Dies gilt in besonderem Maße für die sogenannte Dichteanomalie des Wassers: Flüssiges Wasser erreicht seine größte Dichte bei 4°C (genauer bei 3,98°C). Sowohl beim Erwärmen, als auch beim Abkühlen dehnt es sich aus. Dadurch unterscheidet sich Wasser deutlich von anderen Stoffen, deren Dichte beim Übergang vom flüssigen zum festen Aggregatzustand zunimmt. Die Wassermoleküle im Eis sind weniger dicht gepackt als in flüssigem Wasser. Eis ist dadurch um und 8,4% leichter als Wasser und schwimmt stets an der Oberfläche. Während einer Frostperiode kühlt das Wasser eines Sees zunächst nur auf vier Grad ab. Das schwerere (4°C kalte) Wasser sinkt auf den Grund des Gewässers, während wärmeres Wasser an die

Oberfläche steigt und dort ebenfalls abkühlt. Erreicht das Wasser jedoch eine Temperatur von weniger als 4°C, kehren sich die Verhältnisse um: Da das kältere Wasser eine geringere Dichte besitzt, steigt es zur Oberfläche empor. Fällt die Temperatur nun unter den Gefrierpunkt, erstarrt das Wasser an der Oberfläche, und es bildet sich eine Eisschicht aus. Dieses auf dem Wasser befindliche Eis wirkt isolierend. Es verhindert eine Durchmischung und verzögert sehr wirkungsvoll eine weitere Abkühlung des Wassers. Ein tieferes Gewässer friert daher nie bis auf den Grund zu. So können aquatische Organismen dank der Dichteanomalie des Wassers in zugefrorenen Gewässern überleben.

Doch auch in der warmen Jahreszeit beeinflusst eine Änderung der Temperatur und damit der Dichte ganz wesentlich die Eigenschaften eines Gewässers. Mit steigender Temperatur nimmt die Dichteänderung nämlich rasch zu. (Ein Temperaturanstieg von 24 auf 25°C zum Beispiel bewirkt eine 26mal so große Dichteänderung wie ein Temperaturanstieg von 4 auf 5°C). Dieser Eigenschaft des Wassers verdanken die Seen im Sommer ihre große Schichtungsstabilität, wobei die oberflächennahe, warme Schicht vom bodennahen, 4°C kalten Wasser durch die sogenannte Sprungschicht getrennt ist. Die Dichteanomalie des Wassers wirkt sich aber nicht nur auf aquatische, sondern sogar auf terrestrische Lebensräume aus. Die

**H<sub>2</sub>O**



Wasserpflanzen profitieren von der großen Lichtdurchlässigkeit des Wassers. Doch sind Pflanzenwachstum und Fotosynthese auf die oberflächennahen Schichten beschränkt. Denn mit zunehmender Tiefe steigt die Lichtabschwächung nicht linear, sondern exponentiell an. Bereits in einem Meter Tiefe ist nicht einmal mehr die Hälfte jener Lichtmenge vorhanden, die auf die Oberfläche trifft.



Langwelliges (rotes) Licht wird vom Wasser viel stärker absorbiert als kurzwelliges (blaues). Da blaues Licht außerdem deutlich stärker gestreut wird, erscheint Wasser blau. Tiefe Meeresbereiche zeigen eine besonders intensive Blaufärbung. In Küstennähe dagegen enthält das Wasser meist besonders viele gelöste Stoffe und Partikel (durch den Eintrag von Flüssen, menschliche Aktivitäten etc.). Diese verändern seine Farbe.



Da sich die Geschwindigkeit des Lichtes an der Grenzfläche von Luft zu Wasser ändert, kommt es zur Brechung. Die Lichtstrahlen ändern ihre Richtung. Dadurch sieht man ein Objekt im Wasser nicht dort, wo es sich tatsächlich befindet. (Gut zu erkennen an dem

Baumstamm auf dem linken Bild.) Fischfressende Vögel wie zum Beispiel der Seidenreiher brauchen daher einige Übung, um ihre Beute zu erwischen.



Tatsache, dass das Volumen von Wasser beim Übergang vom flüssigen zum festen Aggregatzustand um ca. 9% zunimmt, ist zum Beispiel auch geologisch von großer Bedeutung: Wenn Wasser, das in die Spalten und Risse von Gestein eingedrungen ist, im Winter gefriert, sprengt es durch seine Ausdehnung das Gestein. Dadurch fördert es massiv die Verwitterung und die Neubildung von Boden.

### Farblos oder blau?

Die optischen Eigenschaften des Wassers weisen ebenfalls einige Besonderheiten auf. Einerseits zeichnet sich Wasser durch eine große Lichtdurchlässigkeit aus, was den wasserlebenden Pflanzen ermöglicht, Fotosynthese zu betreiben. Andererseits wird Licht, das auf eine Gewässeroberfläche fällt, auf drei verschiedene Arten beeinflusst: Es wird reflektiert, absorbiert und gestreut.

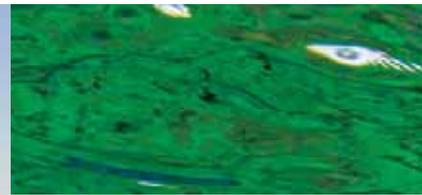
Wie groß jener Anteil der Strahlung ist, der reflektiert wird, hängt vor allem vom Einfallswinkel und damit vom Sonnenstand ab. Trifft Licht senkrecht auf das Wasser, wird nur ein sehr geringer Anteil der Strahlung reflektiert. Je flacher der Einfallswinkel ist, desto mehr Licht wird zurückgeworfen. An der Grenzfläche von Luft und Wasser wird das Licht außerdem gebrochen – das heißt, es ändert seine Richtung, der Strahl wird sozusagen „geknickt“. Diese Lichtbrechung führt zu optischen Täuschungen: Objekte im Wasser scheinen näher an der Oberfläche zu sein als sie es tatsächlich sind, und die Wassertiefe wird unterschätzt. Lebewesen, die ihre Nahrung im Wasser suchen (wie etwa auf Fischfang spezialisierte Vögel), müssen dies berücksichtigen. Dasselbe gilt übrigens für

**Von all den Farben des sichtbaren Spektrums wird Rot von den Wassermolekülen am stärksten absorbiert. Anders als an Land ist Rot daher unter Wasser eine gute Tarnfarbe. Es erscheint grau-blau und ist nur im Blitzlicht auffällig.**

Wasserlebewesen – wie zum Beispiel Fische, die über dem Wasser nach Insekten jagen. Auch sie sehen ein Objekt nicht an dem Ort, an dem es sich tatsächlich befindet, und müssen diese Bildversetzung bei der Jagd mit einberechnen.

Beim weiteren Durchgang durch die Wasserschichten wird das Licht gestreut und absorbiert. (Durch Absorption wird das Licht sozusagen „geschluckt“ – sprich, die Lichtenergie wird in Wärme umgewandelt. Durch Streuung dagegen ändert sich lediglich die Ausbreitungsrichtung des Lichts.) Beides führt zu einem Strahlungsverlust, der als Extinktion bezeichnet wird. Insgesamt jedoch ist die Wechselwirkung von Wassermolekülen mit Lichtstrahlen sehr schwach.  $H_2O$ -Moleküle absorbieren neben kurzwelliger UV-Strahlung vor allem langwellige Strahlung im Infrarot-Bereich. Licht im sichtbaren Bereich des Spektrums wird dagegen kaum absorbiert. Dies ist der Grund, weshalb kleine Wassermengen farblos erscheinen.

Die blaue Färbung größerer Wasserkörper dagegen ergibt sich aus der Tatsache, dass der langwellige, rote Bereich des sichtbaren Spektrums etwa 100mal stärker absorbiert wird als der kurzwellige, blaue. Bereits ab einer Tiefe von weniger als 10 Metern ist Rot deshalb nicht mehr wahrnehmbar. Die anderen Spektralfarben dagegen werden erst in größeren Wassertiefen absorbiert. Zudem wird blaues Licht deutlich stärker gestreut als rotes. Diese beiden Effekte zusammen sorgen dafür, dass Wasser in Seen, Flüssen und im Meer blau erscheint. Dabei gilt: Je mächtiger die Wasserschicht ist, desto „tiefer“ blau erscheint in der Regel ein Gewässer. Allerdings ist die Gewässerfarbe auch abhängig von den im Wasser gelösten Stoffen und Partikeln, die je nach Beschaffenheit unterschiedliche Wellenlängen des Lichtes absorbieren oder streuen. Zudem beeinflusst das Phytoplankton (mikroskopisch kleine Algen) die Wasserfarbe durch seine Pigmente, die die Farbe des Wassers ins Grüne, aber auch ins Rote oder Bräunliche verschieben können.



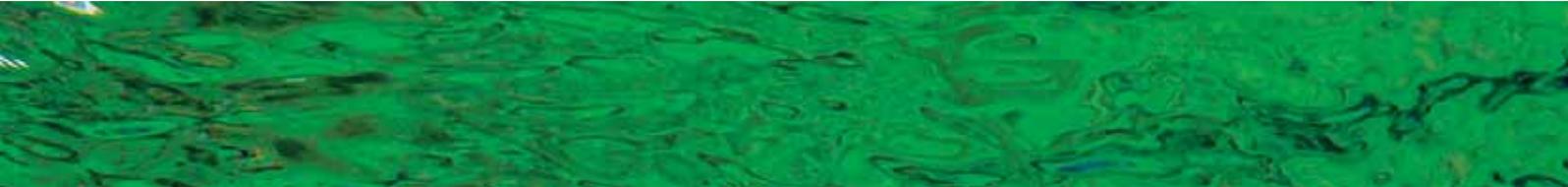
**Binnengewässer – also Gewässer, die von Landmassen umschlossen sind wie zum Beispiel hier der Traunsee – bilden wichtige Lebensräume. Flächenmäßig machen sie allerdings nur etwa 0,5% der Erdoberfläche aus. Und nur 0,35% der globalen Süßwasservorräte finden sich in den Seen und Fließgewässern der Welt!**

## Der ewige Kreislauf des Wassers

Das Wasser auf unserer Erde ist ständig in Bewegung. Dabei nimmt seine Gesamtmenge weder zu noch ab – Wasser kann also nicht verbraucht, aber auch nicht vermehrt werden. Allerdings ist die Verteilung der Wassermassen nicht gleichmäßig, sondern unterliegt großen räumlichen sowie zeitlichen Unterschieden.

### Oberirdisch, unterirdisch und auch in der Luft

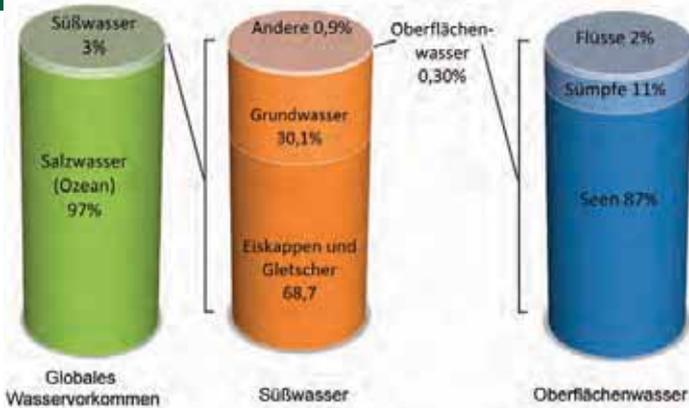
Die Erde wird nicht umsonst „der blaue Planet“ genannt: 70,8% ihrer Oberfläche sind von Wasser bedeckt. Dieses Wasser wurde im Laufe der Erdgeschichte vermutlich durch Vulkanismus aus der Lithosphäre (der äußersten, festen Gesteinsschicht) freigesetzt. Magma, das aus Vulkanen und Spalten in der Erdkruste an die Erdoberfläche drang, enthielt verschiedene Gase, darunter Wasserdampf. Als die Erde dann vor rund 4,4 Milliarden Jahren begann, sich langsam abzukühlen, kondensierte dieser Wasserdampf in der Atmosphäre. Es regnete unaufhörlich – vermutlich über Millionen von Jahren hinweg. Das Wasser sammelte sich, und die ersten, kochend heißen Meere entstanden. Allerdings enthielten diese ursprünglichen Meere noch kein Salz-, sondern Süßwasser. Erst als



das Wasser immer größere Mengen von Mineralsalzen aus dem Gestein herauslöste, wurde das Meerwasser salzig. Heute belaufen sich die Wasservorräte der Erde insgesamt auf rund 1,4 Milliarden km<sup>3</sup>. Der überwiegende Großteil dieser Wassermenge – konkret rund 97% – ist in den Ozeanen der Welt enthalten. Meerwasser ist mit gelösten Salzen (wie zum Beispiel Natrium, Magnesium und Kalzium sowie mit Chlorid, Sulfat und Hydrogencarbonat) angereichert. Die durchschnittliche Konzentration dieser Salze liegt bei 3,5%, was etwa drei Esslöffeln Salz in einem Liter Wasser entspricht. Allerdings schwankt die Salzkonzentration in den Weltmeeren erheblich. (So enthält die Ostsee umgerechnet nur einen Esslöffel Salz pro Liter, während im Toten Meer rund 23 Esslöffel Salz auf einen Liter Wasser kommen.) Durch den Salzgehalt verändern sich die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers. Daher hat **Salzwasser** eine etwas geringere Wärmekapazität als Süßwasser, einen niedrigeren Gefrierpunkt und eine höhere Dichte (wodurch sich der Auftrieb vergrößert, sodass Schiffe im Meer weniger tief eintauchen als im Süßwasser und entsprechend auch mehr laden können). Sinkt die Salzkonzentration auf weniger als 1%, so spricht man nicht länger von Salz-, sondern von **Brackwasser**, das man beispielsweise in der Nähe von Flussmündungen findet. Brackwasser zeichnet sich vor allem durch einen stark wechselnden Salzgehalt aus, was eine besondere Herausforderung für die in ihm lebenden Organismen darstellt. **Süßwasser** enthält anders als Salzwasser oder Brackwasser nur kleine oder geringste Mengen von Salzen – nämlich weniger als 0,1%. (Allerdings hat die Bezeichnung „Süß“wasser nichts mit dem Fehlen von Salzen zu tun. Neuesten Erkenntnissen zufolge verdankt das Süßwasser seinen Namen vielmehr der Tatsache, dass es im Mund Hemmstoffe wegspült, welche die Süßgeschmacks-Rezeptoren blockieren. Dadurch wird eine kurzzeitige Empfindung von Süße ausgelöst.) Der Anteil des Süßwassers am Wasserhaushalt der Erde ist sehr gering: Nur etwa 3 % der weltweiten Wasservorräte sind Süßwasser. Davon liegen wiederum knapp 70% in fester Form vor – gebunden im Schnee und Eis der Polargebiete, in den Gebirgsgletschern, im Meereis sowie in den Permafrostböden. In seiner flüssigen Form findet man Süßwasser

an der Erdoberfläche, etwa in Bächen, Flüssen und Seen (man spricht in diesem Fall vom Oberflächenwasser). Der größte Teil jedoch befindet sich als sogenanntes Grundwasser unter der Erde. **Grundwasser** entsteht, wenn Wasser, das nicht oberirdisch abfließt oder verdunstet, im Boden versickert und sich über undurchlässigen Schichten (wie zum Beispiel Lehm oder Granit) in der Tiefe sammelt. Es handelt sich bei diesem Grundwasser um einen ausgesprochen mächtigen Wasserkörper. Rund 30% des globalen Süßwasservorkommens liegen als Grundwasser vor. Tatsächlich zählt Grundwasser sogar zu den größten interkontinentalen Lebensräumen der Welt! Auch für die Wasserversorgung des Menschen spielt das Grundwasser eine herausragende Rolle. Seine Bildung ist – abgesehen von der Niederschlagsmenge – vor allem von der Struktur des Bodens und des darunter liegenden Gesteins abhängig. Denn Grundwasser erfüllt die Poren, Spalten und Klüfte bzw. die größeren Hohlräume in festem und lockerem Gestein. Die Bewegung des Grundwassers in diesen Hohlräumen wird dabei lediglich von der Schwerkraft und von den durch die Bewegung selbst ausgelösten Reibungskräften bestimmt. Die Verweilzeit des Wassers im Untergrund kann weniger als ein Jahr, aber auch viele Millionen Jahre betragen, wobei sehr altes Grundwasser auch als „fossiles Wasser“ bezeichnet wird. Bei seiner Passage durch den Untergrund verändert sich das Wasser sowohl durch chemische und physikalische als auch durch mikrobiologische Prozesse. (Es wird nicht nur mit verschiedenen Stoffen angereichert; bei ausreichend langer Verweilzeit werden sogar Krankheitserreger abgetötet.) Für die Nutzung des Grundwassers durch den Menschen sind diese als „Selbstreinigung“ bezeichneten Vorgänge von großer Wichtigkeit. Wasser kommt aber nicht nur auf und unter der Erde vor, sondern bildet in Form von **Wasserdampf** auch einen wichtigen Bestandteil der Atmosphäre. Allerdings ist diese sogenannte Luftfeuchtigkeit nicht überall auf der Erde gleich, da Luft in Abhängigkeit von der Temperatur stets nur eine bestimmte Menge an Wasserdampf aufnehmen kann (Die Luft in den immerfeuchten Tropen zum Beispiel enthält etwa hundertmal mehr Wasser als in den polaren Eiswüsten.) Insgesamt machen die rund 13.000 km<sup>3</sup> Wasser, die in

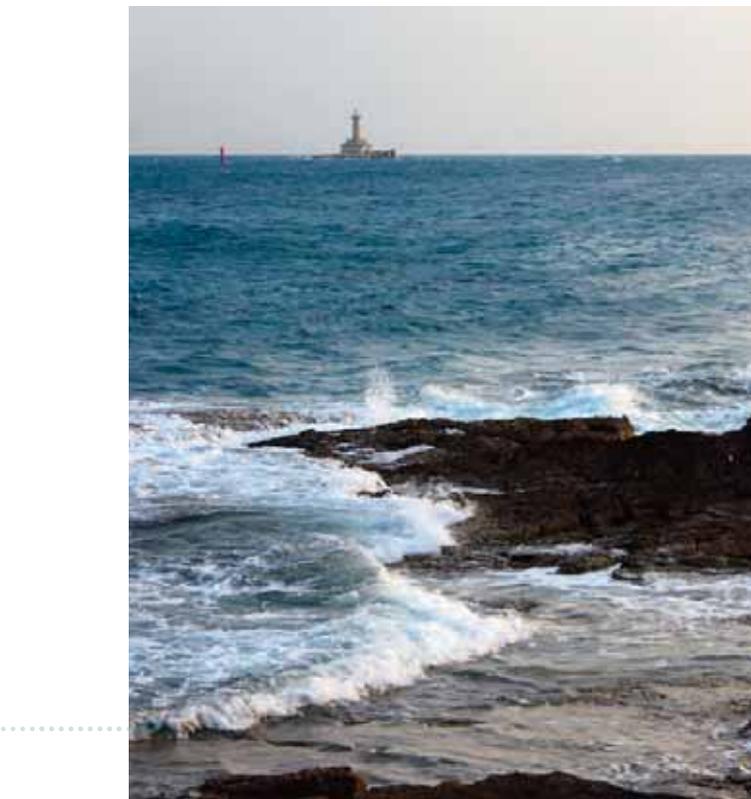
## Wasserverteilung auf der Erde



**Der Großteil des Wassers dieser Welt befindet sich in den Ozeanen. Nur ein geringer Teil ist Süßwasser. Dieses liegt überwiegend in fester Form vor. Der größte Teil des flüssigen Süßwassers ist Grundwasser. Nur ein verschwindend kleiner Teil befindet sich in den Fließ- und Stillgewässern.**

der Lufthülle der Erde enthalten sind, etwa ein Drittel ihres gesamten Gewichtes aus. So ist es nicht verwunderlich, dass das Wasser in der Atmosphäre einen großen Einfluss auf das Weltklima hat: Zum einen zeichnet sich der Wasserdampf für mehr als zwei Drittel der Strahlung, die von der Atmosphäre absorbiert wird, verantwortlich. Da Wassermoleküle vor allem Strahlung im Infrarotbereich absorbieren, trägt das Wasser in der Atmosphäre ganz wesentlich zum natürlichen Treibhauseffekt und damit zur Erwärmung der Erde bei. Zum anderen schirmt es durch Wolkenbildung jedoch einen großen Teil der Sonneneinstrahlung ab und wirkt so einer Erwärmung wieder sehr effektiv entgegen.

**Das Wasser in der Atmosphäre beeinflusst das Klima durch zwei Prozesse, die durch negative Rückkopplung untrennbar miteinander verbunden sind: Der Wasserdampf sorgt durch die Absorption von Infrarotstrahlung für einen Anstieg der Temperatur. Wärme Luft kann eine größere Menge an Wassermolekülen aufnehmen. Dies wiederum beschleunigt die Wolkenbildung. Wolken ihrerseits schirmen einen großen Teil der Sonneneinstrahlung ab und sorgen dadurch für eine Abkühlung.**



## Der ewige Kreislauf des Wassers

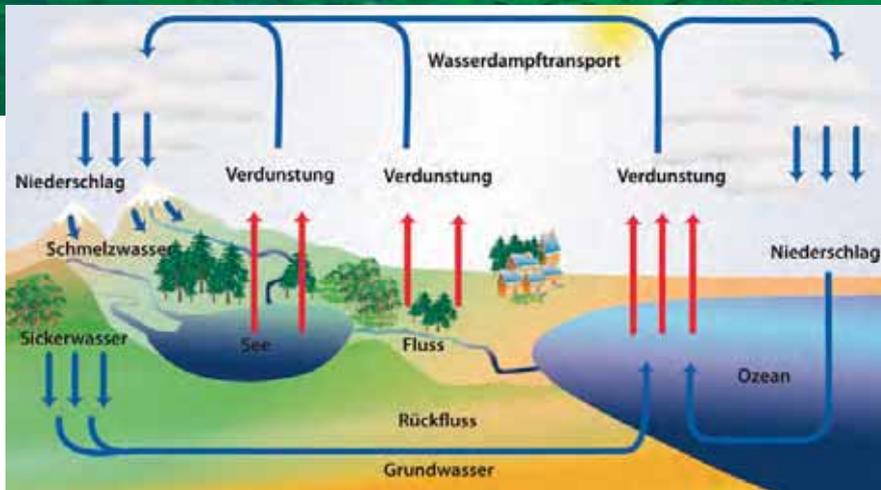
### Niederschlag = Verdunstung + Abfluss

Wasser ist ständig in Bewegung – und zwar sowohl auf, als auch über und unter der Erdoberfläche. Auf seinem Weg ändert es nicht nur mehrfach seinen Aggregatzustand. Es durchläuft zudem verschiedene Sphären: die Hydrosphäre (also die Wasserhülle der Erde), die Lithosphäre (die äußerste, feste Gesteinshülle), die Biosphäre (den von Lebewesen besiedelten Teil der Erde) und die Atmosphäre. Diese Zustands- und Ortsveränderungen des Wassers werden als **Wasserkreislauf** bezeichnet. In diesem immerwährenden Kreislauf geht kein Tropfen Wasser verloren: Verdunstung und Abfluss befinden sich im Gleichgewicht mit dem Niederschlag – oder, wie die Grundgleichung des Wasserkreislaufs lautet:  $N(\text{iederschlag}) = V(\text{erdunstung}) + A(\text{bfluss})$ . Der Motor, durch den der Wasserkreislauf angetrieben wird, ist die Strahlungswärme der Sonne.

Der Wasserkreislauf beginnt, wenn Wasser verdunstet und in die Atmosphäre gelangt. Zur **Verdunstung** kommt es immer dann, wenn die Luft noch nicht mit Wasserdampf gesättigt ist. Die Verdunstung ist dabei abhängig von unterschiedlichen Parametern wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonneneinstrahlung und Windstärke. Etwa eine Milliarde Liter Wasser verdunsten auf der Erde jede Sekunde! Dennoch nehmen insgesamt nur 0,77% der globalen Wasservorräte am Wasserkreislauf teil; der Rest bleibt in großen Speichern, wie zum Beispiel den Ozeanen oder den polaren Eiskappen, gebunden.

Der größte Teil der Verdunstung (etwa 90%) erfolgt über den Ozeanen. Die restlichen 10% des Wasserdampfs gelangen vom Festland aus in die Atmosphäre – wobei es hier vor allem die Pflanzen sind, die enorme Wassermengen aufnehmen und via Transpiration an die Luft abgeben. Ist die Luft mit Wasserdampf gesättigt, ent-

**Wasser formt wie kaum eine andere Kraft das Gesicht unseres Planeten: Niederschläge tragen ganze Gebirge ab. Wellen und Gezeiten verändern und formen die Küstenlinie. Umgekehrt beeinflusst die Landschaft aber auch ganz maßgeblich den Wasserhaushalt.**



**Über den Wasserkreislauf sind sämtliche Gewässer der Erde sowohl untereinander als auch mit dem Wasser in der Atmosphäre verbunden. Man spricht vom *großen* Wasserkreislauf, wenn Wasser über dem Meer verdunstet, in Form von Niederschlägen auf das Festland fällt und über Abfluss wieder zurück ins Meer gelangt. Erfolgen dagegen sowohl Verdunstung als auch Niederschlag über dem Meer bzw. über dem Land, bezeichnet man dies als *kleinen* Wasserkreislauf.**



stehen Wolken: Der Wasserdampf kondensiert an sogenannten Aerosolpartikeln (winzigen Schwebeteilchen in der Luft) und es bilden sich kleine Wassertröpfchen. Durch Luftbewegungen stoßen diese Tröpfchen aneinander und vereinigen sich zu größeren Tropfen. Ab einer bestimmten Größe können diese nicht länger in der Schwebelage gehalten werden und fallen zur Erde. Auf diese Weise gelangt der Wasserdampf, der durch Verdunstung entstanden ist, in Form von **Niederschlag** – etwa als Tau, Regen, Hagel oder Schnee – wieder auf die Erdoberfläche zurück. Rund 520.000 km<sup>3</sup> Niederschlag fallen jedes Jahr. Dies bedeutet, dass sich die Wassermenge in der Atmosphäre rund 40mal im Jahr – also alle 9 Tage – erneuert. (Ganz anders dagegen verhält es sich mit den Turnover-Zeiten in anderen Wasserreservoirs: Während sich das Wasser in den Ozeanen etwa alle 3.000 Jahre erneuert, dauert derselbe Prozess im Gletschereis zirka 14.000 Jahre!)

Der Großteil des weltweiten Niederschlags (konkret etwa 80%) fällt über dem Meer. Nur einer von fünf Regentropfen trifft auf festes Land. Insgesamt jedoch übertrifft die Verdunstung über dem Meer den Niederschlag, wogegen es sich an Land genau umgekehrt verhält: Hier wird mehr Wasser durch Niederschläge eingetragen, als durch Verdunstung

**Die immense Wasserfläche der Ozeane hat die Verdunstung riesiger Wassermengen zur Folge. Im Mittelmeer zum Beispiel geht alljährlich eine etwa 1 m mächtige Schicht durch Verdunstung verloren. Die Zuflüsse allein könnten dies nicht ausgleichen. Ohne den ständigen Zufluss von Wasser aus dem Atlantik würde das Mittelmeer austrocknen (wie es übrigens im Laufe der Erdgeschichte bereits geschehen ist).**

## Der ewige Kreislauf des Wassers



**Wasser, das durch Verdunstung aus den Ozeanen in die Atmosphäre gelangt, fällt in Form von Niederschlägen wieder auf die Erde. Auf diese Weise erneuert der von der Sonne angetriebene Wasserkreislauf unaufhörlich die Süßwasservorräte der Welt. Ohne den Wasserkreislauf wäre alles Wasser der Welt mineralisiertes Wasser – also im Wesentlichen Salzwasser.**

verloren geht. So werden rund 36.000 km<sup>3</sup> Wasser jedes Jahr von den Ozeanen auf das Festland verfrachtet. Bei der Verdunstung von Meerwasser bleiben die gelösten Salze zurück, da der entstehende Wasserdampf kaum Mineralien aufnimmt. Aus diesem Grund ist Niederschlagswasser – auch wenn es aus den Ozeanen stammt – niemals salzig. Im Gegenteil: Es ist das mineralärmste Wasser auf der Erde. Erst auf seinem Weg zurück zu den Ozeanen nimmt es durch den Kontakt mit dem Boden und dem Gestein wieder Mineralsalze auf.



**Pflanzen bilden eine wichtige Zwischenstation im Wasserkreislauf. Sie nehmen große Wassermengen aus dem Boden auf und verdunsten das meiste davon über ihre Blätter. Ein Baum vermag an einem heißen Tag mehrere hundert Liter Wasser zu verdunsten – im Schnitt 15.000 bis 20.000 Liter im Jahr.**

Vom Himmel kommt es,  
zum Himmel steigt es,  
und wieder nieder  
zur Erde muss es,  
ewig wechselnd.

*J. W. von Goethe*



Der Mensch entnimmt Trink- und Brauchwasser aus den Oberflächengewässern und dem Grundwasser. Derzeit beläuft sich die globale Wasserentnahme durch den Menschen auf rund 4.000 km<sup>3</sup> pro Jahr. Das Abwasser wird – mehr oder weniger gereinigt – wieder dem ewigen Kreislauf des Wassers zugeführt.

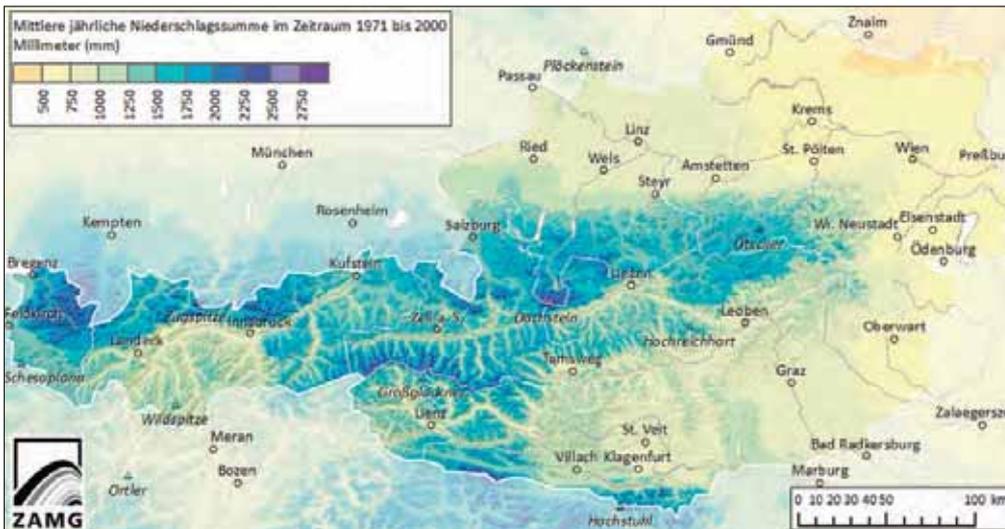


Auf den Wasserhaushalt hat nicht nur die Niederschlagsmenge einen Einfluss, sondern auch die Beschaffenheit des Bodens und die Geologie des Untergrundes, das Klima und die Vegetation. Eingriffe durch den Menschen – wie etwa die Rodung von Wäldern oder die zunehmende Versiegelung des Bodens – bleiben daher nicht ohne Auswirkung. Die Hochwassergefahr steigt.



Die Bilanz zwischen Niederschlag, Abfluss und Verdunstung ist auf globaler Ebene stets ausgeglichen. Auf lokaler Ebene dagegen bestehen große Unterschiede. Daher ist das Wasser auf der Erde nicht gleichmäßig verteilt, und an vielen Orten gibt es – aus Sicht des Menschen – entweder zu viel oder zu wenig Wasser.

## Der ewige Kreislauf des Wassers



Österreich zählt mit einer durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge von 1.100 mm pro Quadratmeter zu den wasserreichsten Ländern Europas. Doch selbst in unserem vergleichsweise kleinen Land bestehen regionale Unterschiede, was die Niederschlagsmenge betrifft: Während der mittlere Jahresniederschlag im vorarlbergischen Rheingebiet bei knapp 2000 mm liegt, erhält der Nordosten Österreichs nur 600 mm oder sogar weniger.

Trifft Niederschlagswasser auf das Festland, nimmt es unterschiedliche Wege. Es kann durch Verdunstung gleich wieder in den gasförmigen Aggregatzustand übergehen, oder oberflächlich abfließen und über Flüsse und Ströme wieder ins Meer gelangen. (In diesen Fällen spricht man vom *oberirdischen* Wasserkreislauf.) In Abhängigkeit von der Beschaffenheit von Boden und Gestein, der Neigung des Geländes und der Art und Dichte der Vegetation kann ein Teil des Wassers aber auch versickern. Als Grundwasser gelangt es dann über den Grundwasserfluss oder über Quellen und Fließgewässer ins Meer. (Ein Vorgang, der als *unterirdischer* Wasserkreislauf bezeichnet wird.) In den Polarregionen und den Hochgebirgen wird außerdem ein Teil des Niederschlags in fester Form – als Eis und Schnee – gespeichert, um schlussendlich als Schmelzwasser wieder in die Ozeane zu gelangen. Welchen Weg das Wasser auch nimmt – es erreicht auf die eine oder andere Weise stets wieder den Ozean, wo der Kreislauf von neuem beginnt.



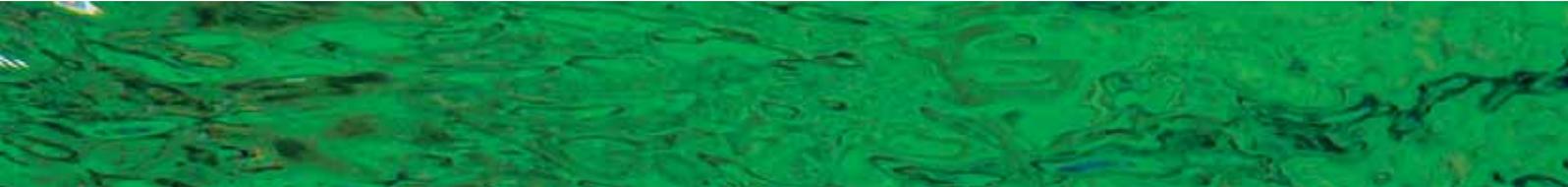
**In den Süßwasserlebensräumen der Welt kommen etwa 12% aller bekannten Arten und 35% aller Wirbeltiere vor. Zudem sind viele landlebende Tiere mehr oder weniger direkt von Süßwasserökosystemen abhängig. Leider schreitet auch der Rückgang der Artenvielfalt in diesem Lebensraum am schnellsten voran.**

## Wasser = Leben

Aquatische Lebensräume nehmen den größten Teil der Biosphäre ein. Nirgendwo sonst ist die Artenvielfalt so groß, wie in und am Wasser. Um das Wasser als Lebensraum nutzen zu können, sind jedoch eine Reihe von Anpassungen von Nöten. So unterscheiden sich wasserlebende Organismen in vielerlei Hinsicht von landlebenden – und zwar sowohl in ihrer Anatomie und Physiologie als auch in ihrem Verhalten.

### Wasser als Lebensraum

Die besonderen chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers sind von großer ökologischer Bedeutung. Schließlich bestimmen sie ganz wesentlich die Lebensbedingungen aquatischer Organismen. So ist zum Beispiel die **Dichte** des Wassers rund 775mal größer als die Dichte der Luft – wobei ihr genauer Wert sowohl von der Temperatur als auch von den im Wasser gelösten Stoffen abhängt. Diese hohe Dichte sorgt für einen starken Auftrieb und macht Wasser zu einem ausgesprochen tragfähigen Medium. Zum einen kann dadurch der freie Wasserkörper dauerhaft von Lebewesen besiedelt werden. Zum anderen können aquatische Organismen auf Stützgewebe und -organe weitgehend verzichten und diese stattdessen in den Dienst der Fortbewegung stellen. Die Dichte des Wassers sorgt zusammen mit seiner Viskosität aber



auch dafür, dass die Fortbewegung im Wasser deutlich mühsamer und energieaufwändiger ist als an Land.

Die **Viskosität** (die „Zähigkeit“) des Wassers ist gegenüber der Luft ebenfalls deutlich erhöht – und zwar um das etwa 55fache. Der Grund dafür ist die starke Anziehungskraft zwischen den einzelnen Wassermolekülen, die dem freien Fließen oder anderen Formveränderungen einen Widerstand entgegensetzt. Die Viskosität muss beim Strömen des Wassers und bei der Fortbewegung in ruhendem Wasser überwunden werden; in fließendem Wasser verstärkt sie zudem das turbulente Strömungsverhalten. Allerdings ist die Viskosität des Wassers nicht gleichbleibend, sondern ändert sich mit der Temperatur (und im Meerwasser auch in Abhängigkeit vom Salzgehalt). Sie nimmt mit steigender Temperatur ab, weshalb wärmeres Wasser „flüssiger“ ist als kaltes. Diese temperaturbedingten Viskositätsunterschiede sind beträchtlich und für die wasserlebenden Organismen von großer Bedeutung, da sie unmittelbare Auswirkungen auf das Schwimmen und Schweben haben. So braucht ein Lebewesen, das sich in warmem Wasser bewegt, deutlich weniger Energie als in kaltem. Und da die Viskosität bei 0°C beispielsweise doppelt so groß wie bei 25°C, sinkt ein Planktonorganismus bei 25°C doppelt so schnell. In Fließgewässern verändern sich mit der Viskosität zudem die Schubkraft des Wassers und die Mächtigkeit der strömungsarmen Grenzschicht an überströmten Flächen.

Von großer ökologischer Bedeutung ist ferner die ungewöhnlich hohe **spezifische Wärme** des Wassers. Die Wärmemenge, die nötig ist, um 1 kg Wasser um 1°C zu erwärmen, beträgt bei 15°C 4,186 kJ (=1 kcal). Wasser wird in dieser Hinsicht nur von zwei Stoffen übertroffen: von Ammoniakgas und flüssigem Wasserstoff. Alle anderen Stoffe – seien es Feststoffe, Flüssigkeiten oder Gase – haben eine deutlich geringere spezifische Wärme. (Die spezifische Wärme von Gestein zum Beispiel ist etwa viermal kleiner als die von Wasser!) Wasser erwärmt sich daher ausgesprochen langsam. Es kann riesige Energiemengen aufnehmen, ohne dass sich die Temperatur deutlich erhöht. Aquatische Organismen werden dadurch vor raschen und größeren Temperaturschwankungen bewahrt. Und da Wasser als thermisch trüges Milieu auch gewaltige

Wärmemengen speichern und wieder abgeben kann, wirken sich größere Wasserkörper sogar ausgleichend auf das Klima aus. Im Gegensatz zur spezifischen Wärme ist jedoch die **Wärmeleitfähigkeit** des Wassers (also seine Fähigkeit, Wärme zu transportieren) äußerst gering. Dem molekularen Wärmetransport im Wasser kommt kaum Bedeutung zu. Die Verteilung der Wärmeenergie in tiefere Wasserschichten erfolgt vorwiegend auf mechanischem Weg – das heißt, vor allem durch windbedingte Wasserbewegung. Dies hat weitreichende Folgen für die Versorgung aquatischer Organismen mit gelösten Stoffen (wie etwa Nährstoffen und Sauerstoff).

Die hohe **Lösungsfähigkeit** des Wassers ist ein weiterer Faktor, der das Leben von Wasserorganismen massiv beeinflusst. Zum einen macht die Fähigkeit des Wassers, Sauerstoff und Kohlendioxid zu lösen, das Leben im Wasser überhaupt erst möglich. (Denn wasserlebende Tiere brauchen Sauerstoff für ihre Atmung, während Wasserpflanzen auf Kohlendioxid angewiesen sind, um Fotosynthese zu betreiben.) Zum anderen lösen sich im Wasser neben Gasen auch zahllose Feststoffe – und damit lebensnotwendige Mineralien und Nährstoffe. Aber auch die von Organismen abgegebenen, organischen Stoffe gehen in Lösung, weshalb fernwirkende Substanzen, wie zum Beispiel Alarm- oder Lockstoffe, in aquatischen Lebensräumen eine besonders wichtige Rolle spielen.

Zwischen Meerwasser und Süßwasser bestehen allerdings markante Unterschiede, was die Menge an gelösten Salzen betrifft: Süßwasser ist ein ausgesprochen salzarmes Medium. Süßwasserorganismen enthalten in Körperflüssigkeiten und Geweben eine viel höhere Konzentration an Elektrolyten als das umgebende Milieu. Wasser würde daher ständig von außen in ihren Körper dringen. Dies verhindern sie zum Beispiel mit Hilfe von wasserundurchlässigen Membranen (wie etwa viele Insekten) bzw. durch die Regulation ihres Wasserhaushaltes (etwa durch die Ausscheidung großer Mengen salzarmen Urins). Umgekehrt haben Meeresbewohner das Problem, dass der Salzgehalt des Meerwassers deutlich höher ist als der ihres Körpers. Da sie ständig Wasser verlieren, müssen sie ihrem Körper stets Wasser zuführen.

## Wasser = Leben



Licht ist für Wasserlebewesen ein limitierender Faktor. Nur in den oberen, lichtdurchfluteten Schichten können Pflanzen Fotosynthese betreiben. Pflanzliches Plankton, das hier gedeiht, bildet die Basis der Nahrungskette.



Die Anziehungskraft zwischen den einzelnen Wassermolekülen ist sehr stark. Solange sie stärker ist als die Anziehungskraft zwischen Wasser und Kontaktfläche, wird die Fläche nicht benetzt. Aus diesem Grund werden Wasserspinnen, deren Körperoberfläche von besonderen, wasserabweisenden Härchen bedeckt ist, auch beim Tauchen nicht nass.



Wasser ist nicht nur ein hervorragendes Lösungs-, sondern auch ein sehr gutes Transportmittel. Im Wasser suspendierte Nahrungspartikel machen es aquatischen Tieren sogar möglich, sich zu ernähren ohne sich zu bewegen. Sessile (permanent am Untergrund festsitzende) Organismen wie zum Beispiel Muscheln brauchen nur zu warten, bis die passende „Mahlzeit“ vorbeitreibt oder -schwimmt.



Wasser ist kein so stiller Lebensraum, wie man vielleicht annehmen möchte. Schall breitet sich im Wasser rund viermal schneller aus als in der Luft. Viele aquatische Organismen erzeugen Geräusche. Auch Fische sind alles andere als stumm. Mit Hilfe von Lauten sorgen sie für den Zusammenhalt des Schwarms; sie warnen Artgenossen oder umwerben potentielle Partner. Die Koppe zum Beispiel gibt bei der Verteidigung ihres Reviers Klopf-laute von sich, indem sie mit dem Schultergürtel vibriert.



**Die meisten Organismen, die in Binnengewässern leben, sind wechselwarm. Das heißt, sie weisen keine konstante Körpertemperatur auf. Ihr Stoffwechsel hängt von der Temperatur des umgebenden Wassers ab. Ihre Stoffwechselaktivität erfährt bei einer Erhöhung bzw. Erniedrigung der Außentemperatur um 10°C eine zwei- bis dreifache Steigerung bzw. Verlangsamung.**

Aquatische Organismen müssen jedoch nicht nur mit den besonderen chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers zurechtkommen. Sie müssen außerdem damit fertig werden, dass sich die Lebensbedingungen innerhalb eines Wasserkörpers drastisch verändern. Die Wassertiefe beeinflusst wesentliche Umweltfaktoren wie die Verfügbarkeit von Licht, den Sauerstoffgehalt, Druck und Temperatur. Dadurch ergibt sich eine vertikale **Zonierung** – eine Gliederung der Wassermasse in verschiedene Berei-



**In den Süßwasserlebensräumen variiert die chemische Zusammensetzung des Wassers sehr stark. Sie ist abhängig vom Ursprung des Gewässers, der Fließgeschwindigkeit und vom Eintrag organischen Materials durch die in oder am Wasser wachsende Vegetation. Ist die Verdunstungsrate sehr hoch, können sich gelöste Salze im Wasser anreichern – wie zum Beispiel in den Salzlacken des Seewinkels im Burgenland.**

che, die für Wasserlebewesen unterschiedlich attraktiv sind. Dies hat nicht nur eine ungleiche Verteilung aquatischer Organismen zur Folge; viele Lebewesen suchen zudem aktiv Bereiche unterschiedlicher Qualität auf, indem sie zum Beispiel Vertikalwanderungen durchführen. Darüber hinaus nutzen wasserlebende Tiere diese physikalischen Faktorengradienten zur Orientierung.

Süßwasserlebensräume zeichnen sich zusätzlich durch zwei weitere typische Eigenschaften aus, die sie von marinen Lebensräumen unterscheiden: Zum einen stehen limnische Gewässer in enger **Verbindung mit** den angrenzenden **terrestrischen Lebensräumen**. Ihr Stoffhaushalt ist stark beeinflusst von den Gegebenheiten in ihrem Einzugsgebiet – und zwar von den natürlichen (geochemischen und biologischen) ebenso wie von anthropogenen (also vom Menschen gemachten). Darüber hinaus spiegelt sich die enge Verflechtung zwischen Wasser und Land in der Zusammensetzung limnischer Lebensgemeinschaften wieder: Limnische Lebensräume werden von zahlreichen sekundären Süßwasserorganismen

## Wasser = Leben

### Entgegen die Schwerkraft

Befindet sich ein Körper im Wasser, wirkt auf ihn die sogenannte Auftriebskraft, die der Schwerkraft entgegengesetzt ist. Diese Auftriebskraft entsteht, weil der hydrostatische Druck mit der Tiefe zunimmt. Daher ist die Kraft, die auf die Unterseite des Körpers einwirkt, stets größer als jene, die auf seine Oberfläche wirkt. Die Auftriebskraft entspricht dabei dem Gewicht der vom Körper verdrängten Wassermenge. Aus diesem Grund ist der Auftrieb umso stärker, je größer das Volumen eines Körpers ist. (Er hängt also nicht von der Masse des Körpers ab!) Der Auftrieb bestimmt, ob ein Körper im Wasser schwimmt, schwebt, steigt oder sinkt: Ist der Auftrieb größer als die Gewichtskraft, so schwimmt ein Körper auf dem Wasser. Sind Auftriebskraft und Gewichtskraft gleich groß, so schwebt der Körper. Dagegen sinkt ein Körper, wenn der Auftrieb kleiner ist.



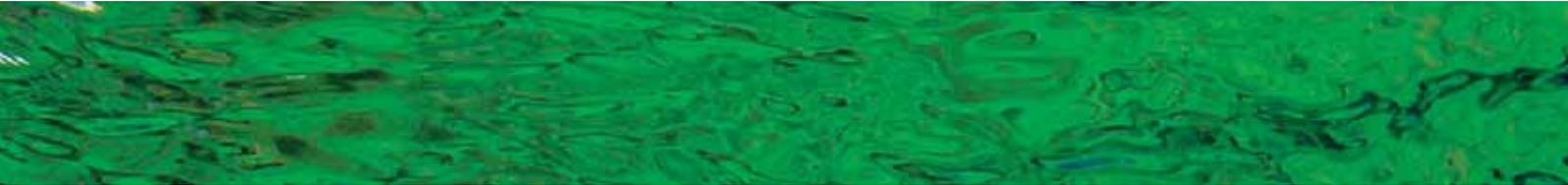
**Fische regulieren ihren Auftrieb durch die Gasmenge in ihrer Schwimmblase. Durch die Aufnahme bzw. Abgabe von Gas ändern sich das Volumen und die Dichte ihres Körpers. Auf diese Weise ist es ihnen möglich, sich an die herrschenden Druckverhältnisse anzupassen. Sie sinken, schweben oder steigen.**

besiedelt – von Tieren und Pflanzen, die das Gewässer vom Land aus erobert haben, wie zum Beispiel zahlreiche Insekten. Zum anderen zeichnen sich limnische Gewässer im Gegensatz zu den Meeren durch ihre **kurze Existenz** aus. Dies gilt nicht nur (wenn auch besonders drastisch) für periodische Gewässer, die nur zeitweise Wasser führen, sondern für Süßwasserlebensräume im Allgemeinen. Denn anders als Meere bestehen Süßwasserlebensräume nur über geologisch kurze Zeiten. Während Flüsse versiegen oder ihren Lauf ändern können, ist die Existenz von Seen stets durch Verlandung (also die Auffüllung des Beckens mit anorganischen und organischen Sedimenten) begrenzt. Dieser permanente Kreislauf von Entstehen und Vergehen beeinflusst ganz wesentlich die Zusammensetzung limnischer Lebensgemeinschaften.

### Lebensräume in Gewässern

Ein Gewässer gliedert sich in verschiedene Lebensräume, die von unterschiedlichen Organismen besiedelt werden. Der Bereich am, auf und im Boden eines Gewässers wird als **Benthal** bezeichnet. Er wird in einen ufernahen Bereich (das sogenannte *Litoral*) und eine lichtlose Tiefenzone (das *Profundal*) unterteilt. Nur in der lichtdurchfluteten, sommerwarmen Uferzone können Pflanzen Photosynthese betreiben. Die Tiefenzone beginnt dort, wo keine Pflanzen mehr wachsen können. Während das Litoral einer artenreichen Fauna von Wirbellosen einen geeigneten Lebensraum bietet, ist die Lebensgemeinschaft des dunklen und kalten Profundals ungleich artenärmer. Es handelt sich um eine reine Konsumentengesellschaft, deren Mitglieder von der Biomasse abhängig sind, die in den oberen, lichtreichen Schichten des Gewässers produziert wird. Ihre Artenzusammensetzung hängt neben den Nährstoffverhältnissen auch vom Sauerstoffreichtum in der Tiefe ab.

Generell zählen zum **Benthos** – also zur Lebensgemeinschaft des Benthals – verschiedene sessile (festsitzende) Lebewesen sowie alle Organismen, die sich im, auf oder knapp über dem Substrat aufhalten – das heißt, sämtliche kriechende, laufende oder schwimmende Bodentiere unterschiedlicher Größe: Krebstiere, Muscheln, Schnecken, Insekten, verschiedene Würmer, Schwämme, etc.



Allerdings bestehen hinsichtlich der benthischen Lebensgemeinschaft in Seen und Fließgewässern große Unterschiede, da sich diese beiden Lebensräume in ihrem Temperaturregime, ihrem Sauerstoffgehalt, ihrem Substrat sowie ihren Strömungsverhältnissen stark voneinander unterscheiden. (Während nämlich in unseren heimischen Seen in größeren Tiefen das ganze Jahr über eine Wassertemperatur von 4°C herrscht, ist die Temperatur von Fließgewässern starken tages- und jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Die Beschaffenheit des Substrates unterscheidet sich insofern, als es in Flüssen meist grobkörnig, in Seen dagegen fein ist. Darüber hinaus ist Sauerstoff in Fließgewässern – anders als in Seen – durch die Turbulenz der Strömung meist kein limitierender Faktor.) Ungeachtet der Zusammensetzung der Bodenfauna, spielen benthische Lebewesen jedoch in Flüssen wie in Seen eine gleichermaßen wichtige Rolle: Als Zersetzer – sogenannte Destruenten – bauen sie organisches Material ab und führen die darin gebundenen Nährstoffe wieder dem Stoffkreislauf zu. Darüber hinaus stellen sie selbst eine wichtige Nahrungsquelle für Fische und andere Tiere des freien Wasserkörpers dar und bilden somit einen bedeutenden Bestandteil der aquatischen Nahrungskette. Der uferferne Freiwasserbereich oberhalb der Bodenzone wird als **Pelagial** bezeichnet. Das Pelagial lässt sich genau wie das Benthon in zwei Zonen unterteilen, die sich in ihrer Produktivität voneinander unterscheiden: Wasserlebende Pflanzen können durch die limitierte Verfügbarkeit von Licht nur die oberen, lichtdurchfluteten Bereiche eines Wasserkörpers besiedeln. Wie mächtig diese sogenannte *trophogene Zone* ist, hängt neben der Sonneneinstrahlung (und damit der geographischen Breite) vor allem von der Wassertrübung ab – also von der Menge und der Qualität der suspendierten Teilchen. (Als unterste, noch für pflanzliche Fotosynthese ausreichende Lichtmenge gelten 1% des dicht an der Oberfläche gemessenen Wertes; dieser Wert kann in sehr trübem Wasser bereits nach wenigen Metern erreicht werden, in sehr klarem Wasser dagegen erst bei einer Tiefe von mehr als 100 Metern.) Die trophogene Zone zeichnet sich dadurch aus, dass mehr Sauerstoff und Biomasse erzeugt als verbraucht wird. Daher wird dieser Bereich des Pelagials auch Nährschicht genannt. Genau umgekehrt verhält

es sich in der tropholytischen Zone (oder Zehrschicht): Hier wird mehr Sauerstoff und Biomasse verbraucht als erzeugt. Die Organismen, die hier leben, erhalten Sauerstoff und Nährstoffe durch Stofftransport aus der oberflächennahen, trophogenen Schicht; manche Bewohner tieferer Wasserschichten führen auch vertikale Wanderungen durch, um sich die benötigten Stoffe aktiv zu beschaffen.

Allen Lebewesen des Pelagials gemeinsam ist, dass sie keine – oder höchstens eine zeitweilige – Bindung an den Gewässerboden zeigen. Nach dem Grad an Eigenbeweglichkeit lassen sie sich in zwei Gruppen einteilen: Organismen, die passiv im Wasser schweben, und Lebewesen, die aktiv schwimmen. Alle aquatischen Lebewesen, deren Schwimmrichtung durch die Strömung des Wassers vorgegeben wird, werden unter dem Begriff **Plankton** zusammengefasst (von griech. „das Umherirrende“) – und zwar ungeachtet ihrer Größe und systematischen Zugehörigkeit. Plankton setzt sich zusammen aus Viren, Bakterien, ein- und vielzelligen Algen, Pilzen, Protozoen (tierischen Einzellern) und Metazoen (vielzelligen Tieren, wie zum Beispiel Rädertierchen, Ruderfußkrebse und Wasserflöhe). Die Größe dieser Planktonorganismen liegt im Süßwasser zwischen 0,1 µm (Viren) und 1 bis 2 cm (verschiedene Krebstiere, Süßwasserquallen). Charakteristisch für alle Planktonorganismen ist ihre Fähigkeit im Wasser zu schweben. Besonders bei tierischem Plankton wird dieses Schweben häufig mit aktivem Schwimmen kombiniert. Doch niemals reicht die Eigenbewegung der Plankter aus, um aktiv gegen die Wasserströmung zu schwimmen. Planktonorganismen werden stets passiv verfrachtet. Um nicht im Wasser abzusinken, nutzen Planktonlebewesen verschiedene Strategien: Der Wassergehalt ihres Körpers ist meist sehr hoch, was ihren Auftrieb erhöht; viele Plankter lagern außerdem Auftriebskörper (wie etwa Öltröpfchen oder Gasbläschen) in ihrem Gewebe ein. Zudem dienen verschiedene, oft bizarr geformte Körperanhänge als Schwebehilfe.

Die zweite Gruppe von Lebewesen, die den freien Wasserkörper besiedeln, wird als **Nekton** (von griech. „das Schwimmende“) bezeichnet. Es handelt sich dabei um größere Organismen, die im Gegensatz zum Plankton in der Lage sind, sich aktiv und auch ge-



Die für Menschen harmlose Süßwasserqualle besiedelt langsam fließende und stehende Gewässer, die sich – zumindest im Uferbereich – stark erwärmen. Sie war ursprünglich nicht bei uns heimisch, sondern wurde im 19. Jahrhundert vermutlich mit tropischen Wasserpflanzen eingeschleppt. Trotz ihrer Größe von bis zu 2,5 cm wird die Süßwasserqualle zum Plankton gezählt, da sie (wie alle Quallen) nicht in der Lage ist, gegen die Wasserströmung zu schwimmen. Allerdings kann sie hervorragend schweben, da ihr Körper zu 99,3% aus Wasser besteht.



Süßwasserschwämme kommen in zahlreichen heimischen Still- und Fließgewässern vor. Die sessilen Tiere überziehen Steine oder Holz. Ihre Form ist variabel und ihre Farbe variiert – je nachdem, wie viele Algen in ihrem Gewebe leben – von weißlich bis kräftig grün. Süßwasserschwämme ernähren sich wie alle Schwämme von Planktonorganismen. Sie leisten einen bedeutenden Beitrag zur Selbstreinigung eines Gewässers.



Libellenlarven (wie die der Blaugrünen Mosaikjungfer) sind typische Benthosbewohner.



Sie leben genau wie erwachsene Libellen räuberisch. Ihre Mundwerkzeuge sind zur sogenannten Fangmaske umgebildet, die im Ruhezustand unter den Kopf gefaltet wird. Nähert sich ein Beutetier, schnellt diese Fangmaske in nur 20 Millisekunden hervor und die Zangen an ihrem vorderen Ende bohren sich in das Opfer.



Moostierchen bilden Kolonien, die aus mehreren hundert mikroskopisch kleinen Einzelindividuen bestehen. Diese Kolonien können sich als Ganzes über den Gewässergrund bewegen. Die einzelnen Tiere sind von einer festen Hülle umgeben, aus denen sie den Vorderkörper mit den Tentakeln herausstrecken können. Mit diesen Tentakeln filtern sie Plankton aus dem Wasser.



## Wasser = Leben

**Wasserwanzen, wie zum Beispiel der Gemeine Rückenschwimmer besiedeln das freie Wasser. Sie besitzen einen stromlinienförmigen Körper und meist deutlich ausgebildete Schwimmbeine. Zum Atmen kommen sie an die Wasseroberfläche. Rückenschwimmer führen an der Bauchseite ihres Hinterleibes einen Luftvorrat mit. Dies ist auch der Grund für jene ungewöhnliche Schwimmposition, die den Tieren ihren Namen verliehen hat.**

gen die Strömung im Wasser zu bewegen. Nektonische Organismen besitzen typischerweise einen stromlinienförmigen Körper, was den Strömungswiderstand reduziert und den Tieren ein rasches Schwimmen ermöglicht. Die meisten Vertreter des Nektons sind räuberische Fleischfresser und stehen an der Spitze der Nahrungskette. Fische sind zweifellos die charakteristischsten Vertreter des

**Der Wasserskorpion hat am Hinterleib zwei lange Fortsätze. Diese legt er beim Atmen so zusammen, dass sie eine geschlossene Röhre bilden. Diese Atemröhre steckt er beim Luftholen kopfabwärts aus dem Wasser. Seine Beute fängt der Wasserskorpion mit den scherenartigen Vorderbeinen. Mit den echten Skorpionen ist er nicht verwandt. Er gehört zu den Wasserwanzen.**



Nektons. Aber auch Vertreter verschiedener Insektengruppen bewegen sich im freien Wasser (wie zum Beispiel Schwimmkäfer oder Wasserwanzen). Darüber hinaus halten sich verschiedene Amphibien, Reptilien, Vögel und auch Säugetiere (etwa Otter oder Biber) zumindest zeitweise im freien Wasser auf. Zwischen Nekton und Plankton existieren zudem zahlreiche Übergangsstufen. Manche Organismen wechseln auch im Laufe ihres Lebens zwischen den unterschiedlichen Lebensräumen und -formen.

Neben dem Gewässerboden und dem freien Wasserkörper gibt es in Gewässern noch einen weiteren besonderen Lebensraum: die **Wasseroberfläche**. Einige Tiere und Pflanzen haben sich auf ein Leben an der Gewässeroberfläche spezialisiert, wobei sie sich die Oberflächenspannung des Wassers zu Nutze machen. Allerdings herrschen direkt an beziehungsweise unter der Wasseroberfläche besondere Bedingungen, mit denen die Organismen, die diesen Lebensraum besiedeln, fertig werden müssen. (So ist zum Beispiel der Anteil von schädlicher UV-Strahlung hier besonders hoch; die Temperatur schwankt stark und mitunter ist der Wellengang heftig. Zudem sind die Bewohner der Wasseroberfläche Feinden aus der Luft gleichermaßen ausgesetzt wie Feinden aus dem Wasser.)

In Abhängigkeit von ihrer Größe werden die Organismen, die an der Wasseroberfläche leben, in zwei Gruppen zusammengefasst: Als **Neuston** werden die der Wasseroberfläche anhaftenden Mikroorganismen bezeichnet. Dazu gehören zum Beispiel die Algen, Pilze und Bakterien, die entweder auf der Wasseroberfläche leben (das sogenannte Epineuston) oder unter ihr (Hyponeuston).

# Wasser = Leben

## Vom Land ins Wasser

Insekten sind ursprünglich landlebende Tiere. Verschiedene Insektenordnungen haben jedoch das Wasser als Lebensraum erobert – und zwar zu unterschiedlichen Zeiten und auf unterschiedliche Weise. Die meisten Wasserinsekten wechseln zwischen aquatischer und terrestrischer Lebensweise, da nicht alle ihre Entwicklungsstadien an ein Leben im Wasser angepasst sind. So verbringen zum Beispiel Libellen, Eintagsfliegen oder Köcherfliegen ihr Larvenstadium im Wasser, während die erwachsenen Tiere an Land leben. Echte Wassertiere dagegen, die ihr ganzes Leben im Wasser verbringen, findet man nur bei einigen Käfern und Wanzen. Die erwachsenen Tiere verlassen das Wasser nur, um andere aquatische Lebensräume zu besiedeln. Doch ungeachtet dessen, ob ein Insekt permanent oder vorübergehend im Wasser lebt, sind eine Reihe von Anpassungen nötig: Respiratorische Anpassungen (wie etwa Tracheenkiemen, Atemrohre etc.) ermöglichen den Tieren die Atmung – und zwar entweder unter oder über Wasser. Osmoregulatorische Anpassungen (wie die Abgabe von überschüssigem Wasser über die Exkretionsorgane oder die Ausbildung einer Luftschicht, die den Insektenkörper umhüllt und den Kontakt mit Wasser verringert) verhindern die Aufnahme von Wasser durch Osmose.



**Der Gelbrandkäfer verbringt sein gesamtes Leben im Wasser. Sowohl der erwachsene Käfer als auch seine Larven sind gute Schwimmer und geschickte Räuber. Die Tiere ernähren sich von anderen Wasserinsekten, Kaulquappen und sogar kleinen Fischen. Zum**

**Atmen kommen sie an die Wasseroberfläche, wo sie den Luftvorrat unter den Flügeldecken auffüllen.**

## Wasserschwimmer und Wasserwurzler

Nicht nur wasserlebende Tiere, sondern auch Wasserpflanzen sind an ihren speziellen Lebensraum angepasst. (Der Definition nach gehören zu diesen sogenannten Hydrophyten alle höheren Pflanzen, deren Überdauerungsorgane in der kalten bzw. ungünstigen Jahreszeit im Wasser untergetaucht sind.) Genau wie die Insekten haben auch sie das Wasser vom Land aus erobert. Aufgrund ihrer Wuchsform lassen sie sich in Uferpflanzen, freischwimmende Wasserpflanzen und in oder am Boden haftende Wasserpflanzen unterteilen. Sie sind entweder zur Gänze untergetaucht oder schwimmen an der Oberfläche. Da die Wurzeln nicht länger der Aufnahme von Wasser dienen, sind sie häufig reduziert und haben nur noch Fixierungsfunktion. Auch ein Festigungsgewebe fehlt meist. Dagegen verfügen viele Wasserpflanzen über ein sogenanntes Luftgewebe (Aerenchym). Dieses verleiht ihnen Auftrieb und macht ihre Stängel und Blätter schwimmfähig. Über ihre Blätter können viele Wasserpflanzen auch Nährstoffe aufnehmen. Mitunter können Wasserpflanzen mehrere verschiedene Blattpflanzen an derselben Pflanze ausbilden. Dies erlaubt es ihnen, in einem weiten Bereich von Wassertiefen bestmöglich zu funktionieren.

**Die meisten Seerosen besitzen neben großen, schwimmenden Blättern zusätzlich Unterwasserblätter. Ihre Blüten, die die Pflanzen über Wasser ausbilden, werden von Insekten bestäubt. Die reifen Samen treiben mit Hilfe von Schwimmsäcken zwei bis drei Tage an der Wasseroberfläche. Dann löst sich der Schwimmsack auf. Die Samen sinken auf den Gewässergrund und beginnen zu keimen.**



## Das Doppelleben der Amphibien

Die Evolution der Wirbeltiere nahm ihren Ausgang im Wasser. Während des Devons (vor mehr als 360 Millionen Jahren) entwickelten sich die Vorfahren der heutigen Amphibien aus süßwasserlebenden Knochenfischen. Doch haben sich die Amphibien – die stammesgeschichtlich ältesten Landwirbeltiere – nie vollständig vom Wasser gelöst. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, sind auch die heute lebenden Amphibien an feuchte Lebensräume gebunden: Zum einen spielt sich ihre Entwicklung im Wasser ab. Zum anderen schützt ihre wasserdurchlässige Haut sie nicht ausreichend vor dem Austrocknen.

Für gewöhnlich verbringen Amphibien ein Larvenstadium im Wasser und gehen nach einer Metamorphose zum Leben auf dem Land über. Doch auch die erwachsenen Tiere bewohnen im Laufe des Jahres sowohl terrestrische als auch aquatische Habitate.

Dieser Tatsache, verdanken die Tiere auch ihren griechischen Namen der so viel wie „doppellebig“ bedeutet.

**Die Larven der Froschlurche (die Kaulquappen) sehen nicht nur vollkommen anders aus, als die erwachsenen Tiere. Sie nehmen auch eine ganz andere Stellung im Ökosystem ein:**

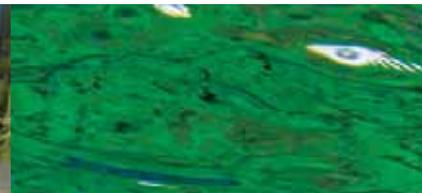
**Kaulquappen leben ähnlich wie Fische. Genau wie diese besitzen sie Kiemen und sogar ein Seitenliniensystem; die Fortbewegung erfolgt mit Hilfe eines kräftigen Schwanzes.**



Kleinkrebse, Schnecken und Kaulquappen ernähren sich vom Neuston. In Stillgewässern kann das Neuston mitunter eine geschlossene Schicht bilden, die dem Gewässer eine auffällige Färbung verleiht (Wasserblüte).

Größere Tiere und Pflanzen, die auf oder an der Wasseroberfläche leben, werden unter dem Begriff **Pleuston** zusammengefasst. Die bekanntesten tierischen Vertreter des Pleustons sind zweifellos die Wasserläufer – eine Familie aus der Unterordnung der Wanzen, die

sich von ins Wasser gefallen Insekten ernähren. Aber auch Taumelkäfer und manche Springschwänze leben an der Wasseroberfläche. Zu den Pflanzen des Pleustons gehören zum Beispiel die auf der Wasseroberfläche schwimmenden Wasserfarne oder die Wasserlinsen. Für zahlreiche Mikroorganismen und Tiere bildet das pflanzliche Pleuston einen wichtigen, reich strukturierten Lebensraum.



**Flüsse, Seen und Feuchtgebiete sind nicht nur wertvolle Lebensräume für zahllose Arten. Sie zählen außerdem zu unseren wertvollsten Ressourcen – sind sie doch unverzichtbar für die Trinkwasserversorgung und den Hochwasserschutz. Ihr ökonomischer Wert liegt weltweit bei geschätzten 70 Milliarden Dollar pro Jahr.**

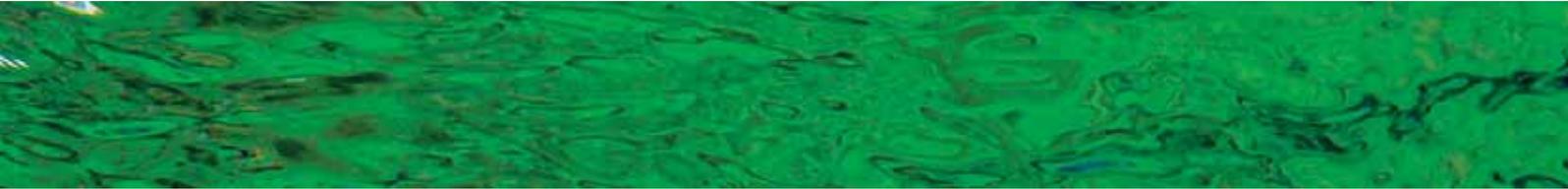
## Süßwasserlebensräume

Süßwasserbiotope bieten zahllosen Arten einen wichtigen Lebensraum. Obwohl sie nur einen Bruchteil des Wasservolumens der Erde beinhalten, leben rund 12 Prozent aller bekannten Arten und mehr als 40 Prozent aller Fischarten in Flüssen und Seen. Auch für den Menschen sind Flüsse, Seen und Feuchtgebiete unverzichtbar und (über)lebenswichtig.

*nicht immer*  
Stille Wasser sind **tief**

Zu den limnischen Ökosystemen (von griech. *limne* = See) oder Süßwasserökosystemen der Welt zählen die Fließgewässer, die Stillgewässer sowie das Grundwasser. Ihnen allen gemeinsam ist, dass ihr Wasser weniger als 0,1% Salze enthält. Davon abgesehen jedoch präsentieren sich die Süßwasserökosysteme der Welt ausgesprochen vielfältig in ihren Erscheinungsformen.

**Stillgewässer** sind im Grunde nichts anderes als wassergefüllte Bodenvertiefungen. Ihr Wasserkörper ist – wie schon ihr Name



sagt – gar nicht in Bewegung oder weist nur eine äußerst geringe Fließgeschwindigkeit auf. Aufgrund ihrer Größe, ihrer Tiefe, ihrer Wasserführung sowie ihrer Entstehungsweise werden verschiedene Stillgewässer unterschieden. Allerdings ist die Abgrenzung nicht immer eindeutig. Selbst Still- und Fließgewässer lassen sich nicht immer scharf voneinander trennen. (So weisen viele Flüsse in ihrem Verlauf seenartige Ausweitungen auf; und der Unterlauf großer Flüsse gleicht in mancherlei Hinsicht eher einem See als etwa einem Bach.)

Die größten Stillgewässer sind die **Seen**. Diese haben keine direkte Verbindung zum Meer, sondern sind vollständig von einer Landfläche umgeben. Oft werden Seen als weitgehend geschlossene Ökosysteme betrachtet, doch tatsächlich bilden sie keine isolierten Einheiten. Verdunstung und Niederschläge beeinflussen ihren Wasserkörper – wobei der Wasserhaushalt eines Sees von den klimatischen Verhältnissen in seinem Einzugsgebiet abhängig ist. Die Mehrzahl aller Seen besitzt oberirdische Zu- und Abflüsse, über die sie mit dem überregionalen Wasserkreislauf in Verbindung stehen. Natürliche Seen, die lediglich über das Grundwasser gespeist werden, sind deutlich seltener. Doch ungeachtet dessen, woher ein See sein Wasser bezieht: Die Zu- und Abflussmenge ist gegenüber der Gesamtwassermenge eines Sees in der Regel gering. Von anderen Stillgewässern unterscheiden sich Seen nicht so sehr durch ihre flächige Ausdehnung (die Mindestgröße eines Sees beträgt zirka einen Hektar), sondern vor allem durch ihre größere Tiefe: In der Regel sind Seen über zwei Meter tief. Viele Seen sind jedoch bedeutend tiefer. Aus diesem Grund kann sich über Tage bis Monate hinweg eine stabile Temperaturschichtung ausbilden. Kleine bis mittelgroße Stillgewässer mit einer Wassertiefe von selten mehr als zwei Metern werden als **Weiher** bezeichnet. Weiher sind auf natürliche Weise entstanden (häufig durch Verlandung eines Sees) und besitzen keine Zu- oder Abflüsse. Durch ihre geringe Wassertiefe kommt es nicht zur Ausbildung einer Temperaturschichtung wie in einem See. Auch besitzen Weiher keine lichtarme Tiefenzone: Das einfallende Licht erreicht den gesamten Gewässerboden. Aus diesem Grund können Wasserpflanzen den Weiherboden in seiner gesamten Ausdehnung besiedeln. Diese flächen-

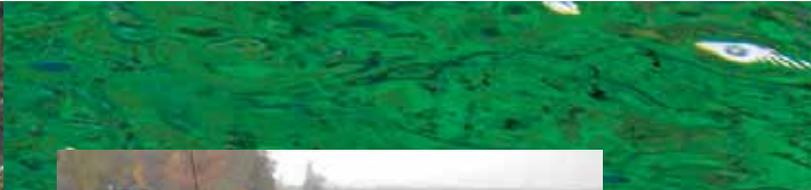
deckende Vegetation führt einerseits zu einer sehr hohen Sauerstoffproduktion; andererseits häufen sich durch den reichen Pflanzenbestand dicke Schichten abgestorbener Pflanzenteile auf dem Boden des Gewässers an. Diese werden – bedingt durch die hohen sommerlichen Wassertemperaturen – innerhalb kurzer Zeit zersetzt. Es bildet sich ein nährstoffreicher Bodenschlamm, von dem nicht nur die vielfältige Bodenfauna, sondern auch die Bewohner des freien Wasserkörpers profitieren. Weiher sind generell ausgesprochen artenreiche Lebensräume: Kaum ein anderes Gewässer beherbergt eine so große Artenvielfalt auf engem Raum – und zwar nicht nur im Wasser selbst, sondern auch in den Uferbereichen.

Anderers zählen **Tümpel** zu den temporären Gewässern. Das heißt, sie führen nicht das ganze Jahr über Wasser, sondern fallen gelegentlich trocken (etwa wenn nicht genügend Niederschlag fällt oder während längerer Hitzeperioden). Tümpel bilden sich in Senken, über wasserundurchlässigem oder verdichtetem Boden. Je nach ihrer Lage unterscheidet man Wiesentümpel, Waldtümpel, Quelltümpel und Moortümpel. Tümpel werden vor allem durch Regenwasser gespeist, entstehen aber auch im Zuge der Schneeschmelze, durch Überschwemmungen oder durch den Austritt von Grundwasser. Für gewöhnlich sind sie nicht mehr als einen halben Meter tief und haben einen stark schwankenden Wasserstand. Da Tümpel immer wieder austrocknen, findet man in ihnen keine echten Wasserpflanzen. Zahlreich sind jedoch ein- und mehrzellige Algen. Der Bodenbewuchs wird häufig durch Gräser gebildet, denen die zeitweilige Überflutung nichts ausmacht. Neben den Pflanzen müssen auch die tierischen Bewohner eines Tümpels mit den wechselnden Verhältnissen fertigwerden. Viele Tümpelbewohner sind an das Trockenfallen des Gewässers angepasst: Rädertierchen, Fadenwürmer und Ruderfußkrebse zum Beispiel können lange Zeitspannen in der sogenannten Trockenstarre überdauern. Andere Tiere wiederum nutzen den Tümpel nur zeitweise beziehungsweise während einer bestimmten Phase ihres Lebens. Für Amphibien und zahlreiche Insekten zum Beispiel spielen Tümpel eine wichtige Rolle als Laichgewässer.

**Teiche** sind im Unterschied zu Tümpeln künstlich angelegte Still-



Der Großteil der Seen (wie zum Beispiel der Riesachsee) wird von oberirdischen Zuflüssen gespeist. Seen können auch von einem Fluss durchflossen werden. Die theoretische Aufenthaltsdauer des Wassers sollte dabei mindestens drei Tage betragen.



Teiche sind vom Menschen angelegte Gewässer, deren Wasserstand über Zu- und Abflüsse reguliert werden kann. Häufig dienen sie der Fischzucht – wie zum Beispiel im Waldviertel, der größten Karpfenzuchtregion Österreichs. In mehr als 1.000 Teichen werden hier Karpfen gehalten. Beim traditionellen Abfischen wird zunächst ein Großteil des Wassers aus den Teichen abgelassen. Dann werden die Fische mit Netzen gefangen.



Kleingewässer sind für die Tier- und Pflanzenwelt von großer Bedeutung. Viele Pflanzen und Tiere (wie zum Beispiel Amphibien) sind in ihrem Fortbestand von Weihern, Tümpeln und Teichen abhängig. In kaum einem anderen Lebensraum lässt sich eine derartige Artenvielfalt beobachten wie in naturnahen Kleingewässern.



Wasserflöhe gehören zu den häufigsten Krebstieren in Stillgewässern. Man findet sie

auch in Tümpeln, die immer wieder trocken fallen. Bei ungünstigen Umweltbedingungen (etwa einer bevorstehenden Austrocknung) produzieren die Tiere spezielle Dauereier mit einer besonders widerstandsfähigen Hülle. Diese Eier können bis zu zwei Jahre Trockenheit überstehen. Wenn der Tümpel wieder Wasser führt, schlüpfen aus den Eiern neue Wasserflöhe.

## Süßwasserlebensräume



**Die Gelbbauchunke legt ihre Eier bevorzugt in seichten, vegetationsarmen Klein- und Kleinstgewässern ab, die gut besonnt und frei von Konkurrenten und Fressfeinden sind. Das Weibchen heftet die Eier an untergetauchte Grashalme, Blätter oder Äste. Die Kaulquappen schlüpfen bereits nach zwei bis drei Tagen. Ihre Entwicklung nimmt – je nach Wassertemperatur – vier bis zwölf Wochen in Anspruch.**

**Ringelnattern ernähren sich hauptsächlich von Amphibien. Daher sind sie auf gewässerreiche Lebensräume angewiesen. Die Schlangen können hervorragend schwimmen und tauchen und erbeuten einen guten Teil ihrer Nahrung an und in Gewässern. Auch bei Gefahr suchen sie oft im Wasser Zuflucht.**



gewässer, deren Erscheinungsbild und ökologische Bedeutung von der Nutzung durch den Menschen abhängen (Fischteiche, Zierteiche etc.). Neben einer mäßigen Tiefe von meist nicht mehr als zwei bis drei Metern zeichnen sich Teiche vor allem dadurch aus, dass sie über mindestens einen Zu- und einen Ablauf verfügen. Ihr Wasserstand kann daher nach Belieben reguliert bzw. der Teich auch vollständig trockengelegt werden – wie dies zum Beispiel beim Abfischen geschieht. Doch auch wenn die Nutzung durch den Menschen im Vordergrund steht, können naturnah gestaltete Teiche genau wie Weiher oder Tümpel ausgesprochen wertvolle, artenreiche Lebensräume sein.

### Alles im Fluss

Als **Fließgewässer** werden alle oberirdisch fließenden Gewässer bezeichnet. Sie bilden einen wichtigen Teil des globalen Wasserkreislaufs, indem sie Niederschlagswasser sammeln und dieses

wieder den Ozeanen zuführen. Dabei prägen sie ganz wesentlich die Landschaft, vernetzen wertvolle Ökosysteme miteinander und bilden gleichzeitig Grenzen. Sie spielen eine bedeutende Rolle bei der Grundwasserbildung, bei der Selbstreinigung des Wassers und stellen wichtige Lebensräume für Tiere und Pflanzen dar. Für den Menschen waren Flüsse als Verkehrswege sozusagen die Lebensadern der Zivilisation; nicht zufällig entstanden viele bedeutende Städte an Fließgewässern.

Damit ein Fließgewässer entsteht, muss einerseits ein Überschuss an Niederschlagswasser vorhanden sein – und zwar im Verhältnis zu Verdunstung und Versickerung. (Dieses Niederschlagswasser kann dann entweder oberflächlich abfließen, oder im Boden versickern, um an anderer Stelle als Quelle wieder zutage zu treten. Fließgewässer können ihren Ursprung aber auch im abfließenden Wasserüberschuss von Seen und Mooren oder im Schmelzwasser von Gletschern haben.) Außerdem muss für die Entstehung eines



Während Stillgewässer als weitgehend geschlossene Lebensräume betrachtet werden, sind Fließgewässer (wie hier der Lech) offene Systeme. Bäche und Flüsse sind wesentlich stärker als Seen von ihrem Einzugsgebiet abhängig.

Fließgewässer sind in jenen Regionen häufig, wo die Niederschlagsrate größer ist als die theoretisch mögliche Verdunstung. So führen denn auch die Flüsse und Bäche in humiden Zonen (wie etwa in Mitteleuropa) ganzjährig Wasser. Anders verhält es sich in trockenen Gebieten, wo die Verdunstung die Niederschlagsrate übertrifft. Die Fließgewässer jener Regionen fallen regelmäßig trocken.



Gebirgsbäche (links) sind kalte, klare Fließgewässer mit einer starken Strömung und einem hohen Sauerstoffgehalt. In Mittelgebirgsbächen (Mitte) wechseln Bereiche starker Strömung mit nahezu stehenden Abschnitten. Flachlandbäche (rechts) zeichnen sich durch eine geringe Strömung, vergleichsweise hohe Temperaturen und einen üppigen Pflanzenbewuchs aus.





## Süßwasserlebensräume

**Die Strömung – die permanente, gerichtete Bewegung des Wassers – ist das wichtigste Merkmal der Fließgewässer. Sie kann ausgesprochen stark sein, wie im Oberlauf von Bächen und Flüssen. Im Unterlauf von Fließgewässern bewegt sich das Wasser dagegen oft nur langsam.**

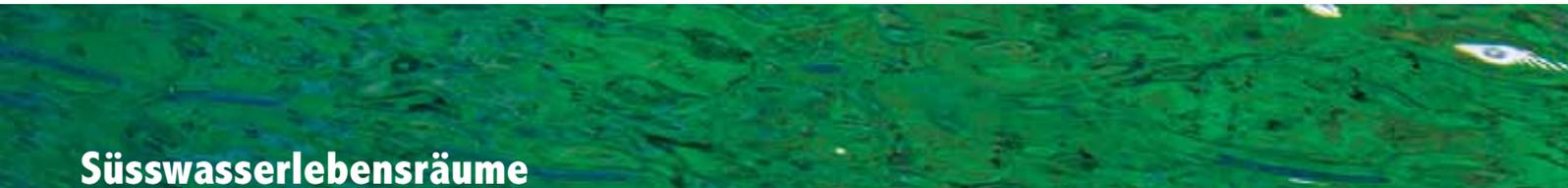
**Feuersalamander setzen als einzige heimische Amphibienart ihre Larven fast ausschließlich in kleinen Fließgewässern ab. Die Entwicklung der Larven kann – bedingt durch die niedrige Wassertemperatur – bis zu einem halben Jahr dauern. Bei besonders günstigen Bedingungen (wärmeres Wasser und optimales Futterangebot) kann die Metamorphose dagegen schon nach zwei Monaten abgeschlossen sein.**



Fließgewässers ein Gefälle vorhanden sein. Dieses Gefälle resultiert aus der Höhendifferenz zwischen der Quellregion und der Mündung eines Fließgewässers und sorgt für jene Bewegung des Wasserkörpers, die allen Fließgewässern gemeinsam ist. Von der Strömung abgesehen lassen sich Fließgewässer jedoch nur schwer in ein bestimmtes Schema einordnen, da es sich um sehr individuell ausgeprägte Lebensräume handelt. Nicht nur, dass kein Fließgewässer dem anderen gleicht: Flüsse, Bäche und Ströme verharren

zudem niemals in einem statischen Zustand, sondern verändern als dynamische Systeme ständig ihr Aussehen. Ihre Ufer, ihre Sohle und selbst die angrenzenden terrestrischen Bereiche unterliegen einem permanenten Wandel; auf diese Weise schaffen Fließgewässer immer neue Habitate für wasserlebende sowie landlebende Organismen.

Von anderen Lebensräumen unterscheiden sich Fließgewässer allem voran durch ihre langgestreckte Form: Sie können eine Länge



## Süßwasserlebensräume

von mehreren tausend Kilometern erreichen. Anders als Seen sind Fließgewässer daher nicht vertikal, sondern horizontal gegliedert. Physikalische Parameter (wie etwa Breite, Tiefe, Strömung, Temperatur und Sauerstoffgehalt) verändern sich von der Quelle zur Mündung. Und mit diesen ändert sich auch die Zusammensetzung der jeweiligen Lebensgemeinschaften. Aus diesem Grund werden Fließgewässer für gewöhnlich in einen Oberlauf, einen Mittellauf und einen Unterlauf gegliedert.

Nach ihrer Größe, ihrem Abfluss, ihrer Länge und der Größe ihres Einzugsgebietes werden Fließgewässer zumeist in drei Kategorien eingeteilt: in Bäche, (kleine und große) Flüsse und Ströme. Daneben gibt es noch Rinnsale, Gräben und vom Menschen gemachte Kanäle. Allerdings ist diese Einteilung nicht immer eindeutig. Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie beispielsweise klassifiziert Fließgewässer unter Berücksichtigung ihres Einzugsgebietes. (Demzufolge besitzt ein Bach ein Einzugsgebiet von zwischen 10 und 100 km<sup>2</sup> Größe; bei einem kleinen Fluss ist es zwischen 100 und 1.000 km<sup>2</sup> groß, bei einem großen Fluss zwischen 1.000 und 10.000 km<sup>2</sup> und bei einem Strom mehr als 10.000 km<sup>2</sup>). Im allgemeinen Sprachgebrauch werden Gewässer jedoch vor allem anhand ihrer Größe unterschieden.

Ein **Bach** ist ein nicht allzu breites, in verschiedenen Abschnitten unterschiedlich schnell fließendes natürliches Gewässer. Für gewöhnlich werden Fließgewässer dann als Bach bezeichnet, wenn sie nicht breiter als fünf Meter sind. Bäche sind in der Regel aber auch weniger tief als Flüsse und führen weniger Wasser (der Abfluss liegt unter 20 m<sup>3</sup>/s). Im Gegensatz zu Flüssen sind Bäche daher auch nicht schiffbar. Sie führen entweder ständig oder nur zu bestimmten Zeiten Wasser. Entlang ihres Verlaufs von der Quelle bis zur Mündung präsentieren sich Bäche oft sehr unterschiedlich – neben Bereichen mit starker Strömung gibt es oft auch nahezu stehende Abschnitte mit Rückstauzonen. Gumpen und Wasserfälle können ebenso Teil eines Baches sein wie Flachwasserbereiche und Sumpfabschnitte; bisweilen fließt das Wasser auch unterirdisch oder versickert.

Generell werden drei regionale Grundtypen von Bächen unterschieden: Gebirgsbäche, Mittelgebirgsbäche und Flachlandbäche.

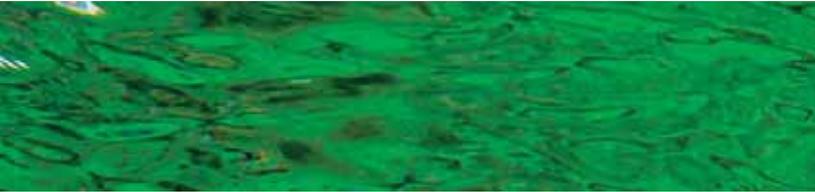
Gebirgsbäche zeichnen sich aufgrund des starken Gefälles durch eine starke Strömung und einen hohen Sauerstoffgehalt aus. Ihr Wasser ist kalt, die Gewässersohle steinig und sie führen viel Geschiebe mit sich. Die tierischen Bewohner von Gebirgsbächen stellen hohe Ansprüche an den Sauerstoffgehalt; Wasserpflanzen kommen – bedingt durch die starke Strömung – so gut wie nicht vor. Mittelgebirgsbäche haben ein weniger starkes Gefälle und eine weniger starke Strömung als Gebirgsbäche. In diesen Bächen wird nicht nur Material abgetragen, sondern auch bereits abgelagert (das heißt, neben der Erosion findet auch schon Sedimentation statt). Die Gewässersohle zeichnet sich durch eine Abfolge von langgestreckten Kolken und seichten Furten aus. Kiesbänke und kleine Inseln, die sich immer wieder an neuen Stellen bilden, bieten zahlreichen Tieren und Pflanzen einen geeigneten Lebensraum. Bisweilen lässt sich bereits eine Schlingenbildung erkennen, die jedoch im Allgemeinen noch wenig ausgeprägt ist.

In Flachlandbächen sind Gefälle und damit Strömung am geringsten. Typisch für den Bachlauf sind zahlreiche Schlingen (sogenannte Mäander). Die Gewässersohle ist eben mit vereinzelt Kiesbänken und Auskolkungen. Die Sedimentationsrate ist hoch; das Sediment besteht aus Sand, Schluff und Kies. Das Wasser fließt gemächlich, sodass hier bereits verschiedene Wasserpflanzen gedeihen können.

Fließgewässer mit einer Breite von mehr als fünf Metern werden in der Regel als **Fluss** bezeichnet. Oft werden Flüsse aber auch durch ihre Schiffbarkeit von Bächen abgegrenzt.

Tatsächlich ist der Übergang zwischen Bach und Fluss nicht scharf, sondern im wahrsten Sinne des Wortes fließend. Zudem bestehen, was die Verwendung bzw. die Abgrenzung der beiden Begriffe betrifft, zahlreiche regionale und historische Unterschiede.

Flüsse entwickeln sich aus dem Zufluss mehrerer Bäche oder anderer Flüsse. Sie münden entweder in einen See, in einen anderen Fluss oder in das Meer. Manche Flüsse versickern auch in der Wüste oder in durchlässigen Gesteinsschichten. Da sie wie alle Fließgewässer aus Niederschlägen gespeist werden, ist ihre Wasserführung nie gleichbleibend, sondern unterliegt periodischen Schwankungen. Flüsse, die ganzjährig Wasser führen, werden als



### Das Wasserschloss Europas

Österreich ist ein ausgesprochen wasserreiches Land: Es gibt über 25.000 Stillgewässer mit einer Fläche von mehr als 250 m<sup>2</sup>. Über 60 davon sind große Seen mit einer Fläche von mehr als 50 ha. Die gesamte Länge des österreichischen Fließgewässernetzes beträgt mehr als 100.000 km. Knapp 2.200 der österreichischen Fließgewässer besitzen ein Einzugsgebiet von mehr als 10 km<sup>2</sup>. Der längste Fluss – und der einzige Strom Österreichs – ist die Donau mit rund 2.850 km Länge. Auf den Plätzen zwei und drei folgen die Drau (749 km) und der Inn (517 km). Der Großteil der Fließgewässer Österreichs mündet in die Donau und damit in das Schwarze Meer; nur einige wenige, die nördlich der Europäischen Wasserscheide liegen, münden in die Nordsee.



**Die Donau ist der wichtigste Fluss Österreichs. Über ihre zahlreichen Zubringer entwässert sie beinahe das gesamte Land und mündet schließlich in das Schwarze Meer.**

**Der Großteil der österreichischen Seen entstand während und unmittelbar nach der letzten Eiszeit (vor ca. 12 bis 15.000 Jahren). Die Palette reicht von nährstoffarmen Gebirgsseen bis hin zu nährstoffreichen Seen in tieferen Lagen.**

perennierende Flüsse bezeichnet. Daneben gibt es aber auch periodische Flüsse, die nur zu bestimmten Zeiten des Jahres Wasser führen (etwa während der Regenzeit oder zur Zeit der Schneeschmelze).

Genau wie bei einem Bach nimmt auch bei einem Fluss das Gefälle von der Quellregion bis zur Mündung hin ab – und mit ihm die Fließgeschwindigkeit des Wassers, seine Schleppkraft und der Sauerstoffgehalt. Umgekehrt dagegen verhält es sich mit der Wassertemperatur, die vom Oberlauf bis zum Unterlauf zunimmt. Aus die-

sem Grund werden Flüsse entlang ihres Verlaufes von sehr unterschiedlichen Lebensgemeinschaften besiedelt, deren Mitglieder unterschiedliche Anforderungen an ihren Lebensraum stellen. Insgesamt bilden Flüsse ausgesprochen artenreiche Biotope. Sie sind zudem wichtige Korridore und Wanderwege für zahlreiche Arten. Der Mensch nutzt Flüsse als Schifffahrtswege für den Güter- und Personentransport, für die Gewinnung von Trinkwasser, für den Fischfang und die Erzeugung von Elektrizität. Häufig werden Flüsse leider auch als Abwasserkanäle missbraucht.



**Der größte Wasserspeicher Österreichs sind die Kalkalpen. So wird zum Beispiel die gesamte Wiener Bevölkerung (etwa 1,8 Millionen Menschen) mit hochwertigem Quellwasser aus dem Hochschwab- und Raxgebiet versorgt (hier im Bild die Salza). Dieses wird mit Hilfe der 1. und 2. Wiener Hochquellenleitung in die Hauptstadt transportiert.**

Flüsse, die ins Meer münden, werden als **Strom** bezeichnet. Weitere Kriterien, die ein Strom erfüllen muss, sind – neben der entsprechenden Größe seines Einzugsgebiets – eine Länge von mindestens 500 km und eine Wasserführung von mehr als 2.000 m<sup>3</sup> /s. Ströme sind zudem stets schiffbar. In der Alltagssprache jedoch wird kaum zwischen Fluss und Strom unterschieden. So wird denn auch Österreichs einziger Strom – die Donau – meist als Fluss bezeichnet.

### In Poren, Spalten und Klüften

Wenn Wasser versickert, wird es dem Wasserkreislauf für eine gewisse (sehr unterschiedlich lange) Zeit entzogen. Als **Grundwasser** erfüllt es die Hohlräume des Untergrundes. Dabei staut es

## Süßwasserlebensräume

sich über wasserundurchlässigen Schichten und folgt als sogenannter Grundwasserstrom dem Gefälle. Mit dem Oberflächenwasser steht das Grundwasser in einem permanenten Austausch: Fließgewässer transportieren einerseits als Grundwasser-Vorfluter, jenes Grundwasser ab, das ihnen auf ihrer ganzen Länge seitlich zuströmt. Andererseits speisen sie als sogenannte Infiltratoren das Grundwasser während Trockenzeiten. Neben den Fließgewässern kommunizieren auch Seen mit dem Grundwasser – durch die mangelnde Wasserbewegung allerdings deutlich weniger intensiv. Doch so eng die Verbindung zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser ist, so eklatant unterscheiden sich die beiden Lebensräume voneinander. Das Grundwasser ist ein in vielerlei Hinsicht einzigartiges Habitat mit einer großen biologischen Vielfalt und zahlreichen hoch spezialisierten Bewohnern. Es ist eines der größten zusammenhängenden Ökosysteme der Welt und zugleich das größte limnische Biotop. (Rund 98% der gesamten Süßwasservorräte der Welt sind Grundwasser!) Es ist außerdem ein wichtiger Teil des globalen Wasserkreislaufs. Oberflächennahes Grundwasser versorgt Pflanzen mit Wasser und bildet wertvolle Feuchtbiotope. Wenn es als Quelle zu Tage tritt, speist es Bäche und Flüsse. Und die Tatsache, dass es für die Trinkwasserversorgung des Menschen eine zentrale Rolle spielt, macht das Grundwasser zum meist genutzten Rohstoff der Welt.

Ein Gestein, in dessen Hohlräumen Grundwasser fließen kann, wird als Grundwasserleiter bezeichnet. Nach der Beschaffenheit dieses Grundwasserleiters werden drei Grundwassertypen unterschieden: **Porengrundwasser** findet man in Sedimenten und Sedimentgesteinen (in Österreich zum Beispiel in den großen Tal- und Beckenlandschaften). Da diese Sedimente durch die Ablagerungen von Flüssen entstanden sind, sind die Korngrößen und damit auch die Verteilung der Poren recht unterschiedlich. Generell jedoch sind die Hohlräume eines porösen Grundwasserleiters eher klein. Aufgrund dieser engen Hohlräume bewegt sich das Grundwasser nur langsam – es legt maximal einige Meter pro Tag zurück, oft auch nur wenige Zentimeter. Die Aufenthaltszeit des Wassers ist sehr unterschiedlich (sie kann von wenigen Tagen bis hin zu Jahrtausenden variieren). Zudem unterscheiden sich auch die chemischen

und physikalischen Eigenschaften dieses Lebensraums und damit die Zusammensetzung seiner Lebensgemeinschaften. Als offene, unbegrenzte Lebensräume ermöglichen Porengrundwasserleiter zahlreichen Organismen eine (Ein)wanderung und Ausbreitung. Ganz anderes dagegen verhält es sich mit dem Grundwasser in geklüfteten, jedoch nicht verkarsteten Gesteinen (in Österreich beispielsweise im Kristallingestein der Zentralalpen oder in der Böhmisches Masse). Die Vorkommen dieses sogenannten **Kluftgrundwassers** stehen selten über größere Gebiete miteinander in Kontakt und werden daher als diskontinuierlich bezeichnet. Silikatgesteine wie Schiefer und Granit sind generell sehr widerstandsfähig. Sie können jedoch durch Gebirgsbildungsprozesse stark zerklüftet sein. Diese Klüfte und andere Trennfugen nehmen Niederschlagswasser auf und speichern es. Allerdings liegt die Speicherfähigkeit eines Kluftgrundwasserleiters deutlich unter der eines Porengrundwasserleiters, sodass die Wasservorkommen deutlich weniger ergiebig sind. Allerdings übertrifft die Fließgeschwindigkeit des Kluftgrundwassers die des Porengrundwassers deutlich: Es kann bis zu mehrere hundert Meter pro Tag zurücklegen. Das Grundwasser in den Hohlräumen eines Karstsystems wird als **Karstgrundwasser** bezeichnet (in Österreich etwa in den Nördlichen und Südlichen Kalkalpen). Karbonatgesteine wie Kalk und Dolomit sind viel anfälliger für Verwitterung als die harten Silikatgesteine der Kluftgrundwasserleiter. Charakteristisch für karstige Grundwasserleiter sind große Hohlräume bis hin zu großen Höhlen; allerdings sind Größe und Verteilung der Hohlräume nicht gleichförmig. Die Verweilzeit des Wassers in karstigen Grundwasserleitern ist in der Regel sehr kurz. Die Lebensgemeinschaften sind teilweise recht artenreich und komplex. Da es sich bei Karstgebieten jedoch für gewöhnlich um abgegrenzte geologische Einheiten handelt, ist die Verbreitung von Bewohnern des Karstgrundwassers sehr begrenzt.

Neben den drei Grundformen Porengrundwasser, Kluftgrundwasser und Karstgrundwasser gibt es zudem auch Mischformen. (So können zum Beispiel besonders poröse Gesteine neben Klüften auch kommunizierende Poren aufweisen oder Kalkstein kann neben wassergefüllten Höhlen auch wassergefüllte Klüfte aufweisen.)

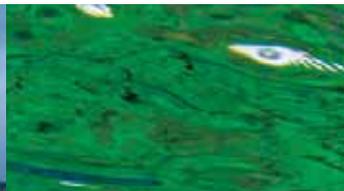
## Farblos und blind

Im Laufe der Erdgeschichte haben sich zahlreiche Arten aus den verschiedensten systematischen Gruppen an ein Leben im Grundwasser angepasst. Sie alle müssen mit den speziellen Bedingungen dieses außergewöhnlichen Lebensraumes fertig werden – wie zum Beispiel mit den meist gleichbleibenden, niedrigen Temperaturen, der permanenten Dunkelheit, dem geringen Sauerstoffgehalt sowie dem begrenzten Nahrungsangebot. Bedingt durch die räumliche Enge des Lückensystems kommen nur sehr kleine Organismen in Grundwasserlebensräumen vor. Neben einer großen Zahl von Mikroorganismen handelt es sich dabei um verschiedene Tiere. (Pflanzen können im Grundwasser aufgrund des Lichtmangels nicht überleben.) Neben der geringen Körpergröße zeichnen sich diese tierischen Grundwasserbewohner häufig durch eine langgestreckte Körperform, kurze Beine und eine schlängelnde Fortbewegung aus. Ihre Augen sind reduziert oder fehlen völlig; der Orientierung dient vornehmlich der Tastsinn. Ihr Stoffwechsel ist verlangsamt, ihr Sauerstoffbedarf gering. Häufig erreichen sie ein deutlich höheres Alter als ihre oberirdischen Verwandten.

Neben den „echten“ Grundwassertieren – also jenen stark spezialisierten Arten mit einer starken Habitat-Bindung – findet man jedoch auch Arten, die das Grundwasser nur zeitweilig aufsuchen bzw. nur einen Teil ihres Lebenszyklus (etwa das Larvenstadium) hier verbringen. Wieder andere sind an den Übergangsbereich zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser angepasst. Aus diesem Grund sind die Lebensgemeinschaften im oberflächennahen Grundwasser noch stark von jenen des Oberflächenwassers beeinflusst, während man im tieferen Grundwasser nur noch die „echten“ Grundwassertiere antrifft.

**Höhlenflohkrebse besiedeln wassergefüllte, unterirdische Hohlräume. Jene Arten, die im Lückensystem des Grundwassers leben, sind besonders klein (oft weniger als 5 mm lang), Die blinden, pigmentlosen Tiere ernähren sich meist räuberisch von anderen Bewohnern des Grundwassers.**





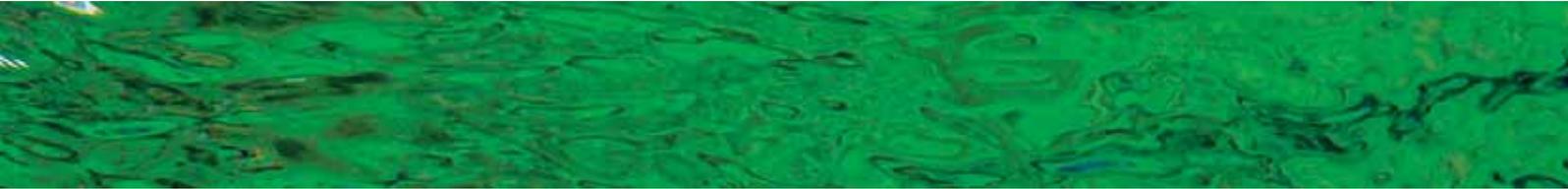
**Der Attersee im oberösterreichischen Salzkammergut ist der größte See, der zur Gänze auf österreichischem Boden liegt. Sein Becken wurde während der letzten Eiszeit vom Traungletscher ausgeräumt. Seine Ufer sind steil und seine durchschnittliche Tiefe ist groß. Daher weist der Attersee ein beachtliches Wasservolumen von 4 Milliarden m<sup>3</sup> auf.**

## Tümpel, Weiher, See

Natürliche und künstliche Seen bilden die größten Wasserspeicher für Oberflächenwasser auf dem Festland. Als wertvolle Ökosysteme spielen sie im Naturhaushalt eine wichtige Rolle. Vom Menschen werden Seen zur Trinkwassergewinnung und als Freizeit- und Erholungsräume genutzt.

### Wassergefüllte Wannen

Seen und andere Stillgewässer sind wassergefüllte, allseitig umschlossene Hohlformen. Sie werden durch Quellen, Fließgewässer und Niederschläge gespeist. Ihre Größe und Tiefe kann sehr unterschiedlich sein. Im Gegensatz zu einem Fließgewässer weisen Seen kein Gefälle und keine starke Strömung auf; die Aufenthaltsdauer des Wassers ist vergleichsweise lang. Seen treten in allen Klimazonen der Erde auf, haben keine Verbindung zum Meer und sind inselhaft auf dem Festland verteilt. Häufig findet man Seen in großen Seengruppen, die dann ganze Landschaften prägen, die oft nach ihnen benannt werden (wie etwa die Oberinnviertler Seenplatte oder der Seewinkel im Burgenland). Für gewöhnlich enthalten Seen Süßwasser. Nur in trockenen Regionen, wo die Niederschläge gering



sind und die Verdunstung hoch ist, bilden sich Salzseen aus. Weltweit gibt es schätzungsweise rund 300 Millionen natürlicher Seen, von denen die meisten mit einer Größe von 0,1 bis 1 ha jedoch sehr klein sind. Insgesamt nehmen diese Seen weniger als 3% der Festlandfläche ein. Der flächenmäßig größte See der Welt ist das Kaspische Meer, das eigentlich korrekterweise Kaspisee genannt werden sollte. Die Oberfläche dieses Salzsees – ein Rest des spättertiären Parathetis-Meeres – ist mehr als 370.000 km<sup>2</sup> groß. Auf den Plätzen zwei und drei folgen der Obere See an der Grenze zwischen Kanada und den USA (ca. 82.000 km<sup>2</sup>) und der Victoriasee (knapp 70.000 km<sup>2</sup>) in Ostafrika. Der größte Süßwassersee Europas ist der Ladogasee in Russland, nahe der finnischen Grenze, mit einer Wasserfläche von 17.700 km<sup>2</sup> und mehr als 500 Inseln.

Von den über 25.000 stehenden Gewässern Österreichs sind mehr als 2.000 größer als 1 ha. Große Seen, deren Fläche über 50 ha beträgt, gibt es in Österreich insgesamt 62. Der größte See, der zur Gänze auf österreichischem Boden liegt ist der Attersee im oberösterreichischen Salzkammergut.

Natürliche Seen können auf unterschiedliche Art und Weise entstehen – so zum Beispiel durch eine Dehnung der Erdkruste, durch vulkanische Aktivitäten, durch die Wirkung von Gletschern, durch Meteoriteneinschläge, Bergstürze, durch die Verlagerung von Flussläufen oder die Abschnürung von Meeresbuchten. Neben diesen natürlich entstandenen Seen gibt es aber auch künstliche, durch den Menschen geschaffene Seen wie zum Beispiel Stauseen und Abgrabungseen (wie etwa Baggerseen oder Steinbruchseen). Weltweit sind tektonische Seen, vulkanische Seen und Ausräumungsseen besonders häufig.

Zu den **tektonischen Seen** zählen die größten, tiefsten und ältesten Seen der Erde: so zum Beispiel der Baikalsee, der Tanganjikasee oder der Malawisee. Tektonische Seen bilden sich dort, wo durch Bewegung der Erdkruste Senken und Grabenbrüche entstanden sind. Rund 30 große Grabenbruchseen gibt es weltweit. Zu ihnen gehören die wenigen noch existierenden Seen tertiären Ursprungs. Diese sind aufgrund ihres hohen Alters absolut einmalige Lebensräume und wertvolle Zentren tierischer und pflanzlicher Vielfalt: Die tertiäre Fauna und Flora konnte sich in ih-

nen ungestört weiter entwickeln; daher sind tektonische Seen oft reich an sogenannten endemischen Arten – an Arten, die nur dort und nirgendwo sonst auf der Welt vorkommen. In Österreich spielten tektonische Vorgänge bei der Bildung von Seen eine untergeordnete Rolle. Ein österreichischer See, der durch tektonische Einbrüche entstanden ist, ist zum Beispiel der Neusiedlersee im Burgenland.

**Vulkanseen** sind weltweit verbreitet. Besonders häufig findet man diesen Seetyp an den Randzonen kontinentaler Platten. Kraterseen entstehen, wenn sich ein Vulkanschlot nach dem Erlöschen des Vulkans mit Wasser füllt. Ihr Durchmesser liegt bei maximal einigen hundert Metern. Deutlich größer dagegen (bis hin zu mehreren Dutzend km Durchmesser) sind die sogenannten Calderaseen im Einsturzbereich oberflächennaher Magmakammern. Beide Seetypen besitzen steilwandige Becken und eine – im Verhältnis zu ihrer Oberfläche – große Tiefe. Maarseen dagegen sind wassergefüllte Explosionstrichter, die ihre Entstehung nicht einem vulkanischen Ausbruch, sondern einer Wasserdampfexplosion (ausgelöst durch das Zusammentreffen von Grundwasser und heißer Magma) verdanken. Typischer Weise besitzen Vulkanseen keine Zu- und Abflüsse, sondern werden durch Regenwasser oder Grundwasser gespeist. Diese isolierte Stellung im Wasserkreislauf sorgt zusammen mit den oft extremen chemischen und physikalischen Verhältnissen für die Besonderheiten der Tier und Pflanzenwelt.

Während tektonische und vulkanische Seen durch endogene geologische Vorgänge entstanden sind, geht die Entstehung von **Ausräumungsseen** auf exogene Kräfte zurück. Besonders häufig findet man Ausräumungsseen in vergletscherten oder ehemals vergletscherten Gebirgen. Diese sogenannten glazialen Seen, die man weltweit am häufigsten findet, verdanken ihre Existenz der abtragenden beziehungsweise aufschüttenden Wirkung der Gletscher. Zu ihnen zählen zum Beispiel die Karseen in den Gebirgen, die kleinen, oft kreisrunden Toteisseen sowie die großen Talseen am nördlichen und südlichen Rand der Alpen. Die glazialen Seen sind die größten und wasserreichsten Seen Mitteleuropas. In Österreich sind sämtliche größere Seen (mit Ausnahme des Neusiedler Sees) Ausräumungsseen glazialen Ursprungs.



**Mit einer Tiefe von 1637 m ist der Baikalsee der tiefste See der Erde. Unübertroffen sind aber auch sein Wasserreichtum und sein Alter: Der Baikalsee ist 25 Millionen Jahre alt und enthält den weltweit größten Süßwasserkörper (ca. 20% des gesamten oberflächlichen Süßwasservorkommens der Welt).**



**Der Neusiedler See ist durch mehrere aufeinander folgende tektonische Einbrüche und Senkungen entstanden – und zwar vor rund 20.000 bis 16.000 Jahren. Seit seiner Entstehung ist er rund hundert Mal völlig ausgetrocknet (das letzte Mal in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts). Wasserstand und Wassertemperatur des seichten Sees sind starken Schwankungen unterworfen.**

**Der Almsee im oberösterreichischen Salzkammergut verdankt seine Entstehung einem gewaltigen, spätglazialen Bergsturz: Vor etwa 13.000 Jahren, am Ende der Würmeiszeit, lösten sich rund 500.000.000 m<sup>3</sup> Felsmaterial im Bereich des heutigen Hetzaukamms (Totes Gebirge). Dabei bildete sich eine etwa 12 km lange Schuttzunge – eine der längsten im Ostalpenraum. Der Almfluss und der Weißeneggbach wurden aufgestaut. Hinter dem Schwemmkegel des Weißeneggbaches bildete sich der Almsee.**

**Der Grüne See am Fuße des Hochschwabs in der Steiermark ist ein reiner Schmelzwassersee. Sein Wasserstand ist daher stark jahreszeitenabhängig. Im Frühjahr, mit Einsetzen der Schneeschmelze füllt sich der See mit kristallklarem, smaragdgrünem Wasser. Im Frühsommer erreicht er seine größte Tiefe von rund 10 m. Im Herbst dagegen ist er fast völlig ausgetrocknet.**





**Fluviatile Seen** verdanken ihre Entstehung einem Fließgewässer: Tieflandflüsse verlagern unter natürlichen Bedingungen immer wieder ihr Flussbett. Dabei kann es passieren, dass alte Flusschlingen vom neuen Flussverlauf abgeschnitten werden. So bilden sich stehende Gewässer, die als sogenannte **Altwasserseen** oder **Auseen** den Fluss begleiten.

#### Die Kraft des Eises

Der Großteil aller Seen weltweit verdankt ihre Entstehung der eiszeitlichen Vergletscherung. Diese glazialen Seen bildeten sich in den Zehrgebieten der Gletscher. Es sind junge Seen, meist kaum mehr als einige 10.000 Jahre alt (die meisten sogar deutlich jünger). Sie wurden zum Beispiel durch das Eis oder durch Moränen aufgestaut. Häufig erfüllen sie auch Hohlformen, die von Gletschern ausgeschürft wurden – wie zum Beispiel die Karseen im Gebirge oder die Zungenbeckenseen im Vorland, deren zum Teil sehr tiefe Wannens sich nach dem Abschmelzen des Eises mit Schmelzwasser füllten. Wieder andere Gletscherseen verdanken ihre Existenz der erodierenden Wirkung des Schmelzwassers (sogenannte Rinnenseen) oder dem Abschmelzen von Toteisresten (Toteisseen).

**Das oberösterreichische Salzkammergut ist ausgesprochen reich an Stillgewässern. Über 70 größere und kleinere Seen prägen die Region. Der Traungletscher, der sich auf der Höhe von Bad Ischl teilt, formte im Westen das Gebiet von Wolfgangsee, Mondsee (Bild) und Irrsee, während er weiter nördlich die Becken von Traunsee und Attersee schuf.**



**Karseen** liegen in großen, nahezu kreisförmigen Mulden, die von Gletschern (hier der Hallstätter Gletscher am Dachstein) ausgehobelt wurden. Nach dem Abtauen der Gletscher füllten sich diese Mulden zunächst mit Schmelz-, danach mit Regenwasser.



### Gebirgsseen – nährstoffarme Extremlebensräume

Gebirgsseen bilden einen ganz speziellen Gewässertyp mit einer einmaligen Tier- und Pflanzenwelt. Ihr Wasser ist kalt und ausgesprochen nährstoffarm. Dadurch ist die Vermehrung von pflanzlichem Plankton begrenzt. Das Wasser eines Gebirgssees ist daher sehr klar und hat eine bläuliche bis blaugrüne Farbe. Auf dem Grunde des Sees häuft sich nur wenig abgestorbenes organisches Material an, sodass es kaum zu Fäulnisprozessen kommt. Daher ist das Wasser auch in größerer Tiefe stets sauerstoffreich. Viele Gebirgsseen waren ursprünglich fischleer. Vor allem die hochalpinen

Seen besitzen meist keinen Abfluss, über den Fische aufsteigen könnten. Schon im Mittelalter jedoch wurden viele österreichische Gebirgsseen mit Seesaiblingen besetzt. Meist entwickelten sich in diesen nährstoffarmen Extremstandorten nur kleinwüchsige Kümmerformen (sogenannte „Schwarzreutter“). Dieser Fischbesatz in den einstmals fischleeren Gewässern blieb nicht ohne Auswirkung auf die sensiblen Hochgebirgslebensräume. Ursprüngliche Planktongesellschaften oder Amphibienpopulationen wurden oft beträchtlich dezimiert oder sogar gänzlich ausgelöscht.

**Zu den auffälligsten Bewohnern der Gebirgsseen (hier der Hintere Langbathsee) zählen zweifellos die Bergmolche. Die Männchen tragen ein buntes Hochzeitskleid mit einem markanten blauen Seitenstreifen. Was ihre Laichgewässer betrifft, sind Bergmolche nicht wählerisch. Die Tiere halten sich allerdings nur zur Paarungszeit im Wasser auf. Das restliche Jahr verbringen sie an Land.**



### Zirkulation und Stagnation

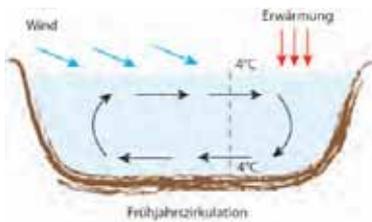
Stillgewässer weisen für gewöhnlich eine Temperaturschichtung ihres Wasserkörpers auf:

Das oberflächennahe, warme Epilimnion wird vom 4°C kalten Hypolimnion durch eine Sprungschicht (das sogenannte Metalimnion) getrennt. Diese Schichtung ist eine Folge der temperaturbedingten Dichteunterschiede bzw. der Dichteanomalie des Wassers, das bei 4°C am dichtesten ist und unter wärmere bzw. kältere Wasserschichten absinkt. Allerdings lässt sich diese Trennung in Epi-, Meta- und Hypolimnion in der Regel nicht während des gesamten Jahresverlaufs beobachten. Phasen stabiler Tempe-

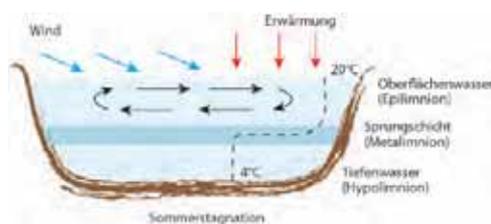
raturschichtung und Phasen der Durchmischung wechseln miteinander ab. Diese unterschiedlichen Zirkulationsverhältnisse beeinflussen ganz wesentlich die Verteilung von Nährstoffen und Gasen (wie Sauerstoff und Kohlendioxid) und damit die Zusammensetzung von Flora und Fauna.

Ein typischer, ausreichend tiefer See der gemäßigten Zone gehört zum sogenannten **dimiktischen Zirkulationstyp**. Zwei Mal im Jahr kommt es bei diesen Seen zu einer Durchmischung (Mixis) des Wasserkörpers. Zwischen diesen Phasen der Zirkulation liegen Phasen der Stagnation, während denen sich eine charakteristische Schichtung ausbildet:

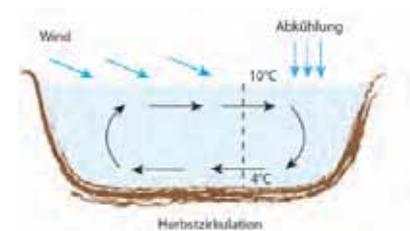
## Tümpel, Weiher, See



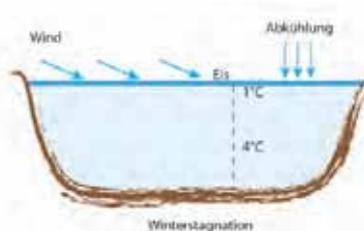
Im **FRÜHLING** sorgt der Wind für eine vollständige Durchmischung der Wasserschichten (Frühjahrszirkulation). Dadurch werden Sauerstoff und Nährstoffe gleichmäßig im See verteilt. Die Temperatur beträgt etwa 4°C.



Aufgrund der Dichteanomalie des Wassers bildet sich im **SOMMER** eine stabile Schichtung aus (Sommerstagnation). Die starke Sonneneinstrahlung erwärmt das Oberflächenwasser auf eine Temperatur von mehr als 20°C. Vom etwa 4°C kalten Tiefenwasser ist das Oberflächenwasser durch die Sprungschicht getrennt.



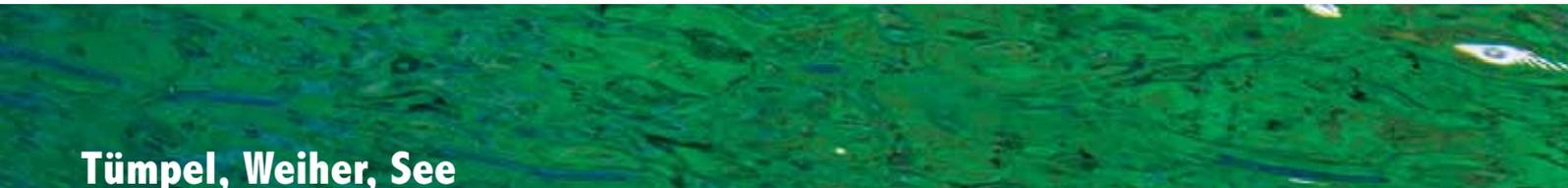
Im **HERBST** kommt es genau wie im Frühjahr zu einer Vollzirkulation und damit zu einer Durchmischung des Wasserkörpers (Herbstzirkulation). Allerdings ist die Temperatur des Wassers nach dem Sommer deutlich wärmer als nach dem Winter.



Mit dem **WINTER** sinkt die Wassertemperatur merklich ab. Die Temperatur des oberflächennahen Wassers liegt jetzt knapp über dem Gefrierpunkt. Schließlich bildet sich eine Eisschicht aus, die eine Durchmischung des Wassers verhindert (Winterstagnation). Auf dem Grund des Sees herrschen wegen der Dichteanomalie des Wassers auch im Winter stets 4°C.

Der Bodensee ist mit einer Fläche von rund 570 km<sup>2</sup> der größte See, an dem Österreich Anteil hat. Er bildet außerdem eine Ausnahme, was die Wasserzirkulation betrifft: Der Bodensee zählt zu den sogenannten warm-monomiktischen Seen. Das heißt, es kommt nur einmal im Jahr – und zwar im Winter – zur Zirkulation. Der Grund dafür ist das große Wasservolumen des Bodensees. Die Abkühlung im Herbst erfolgt recht langsam und der See ist nur äußerst selten mit Eis bedeckt. Die Vollzirkulation wird so für gewöhnlich erst Ende Februar erreicht.





## Tümpel, Weiher, See

Im Winter liegen die kältesten Wasserschichten eines Sees (0°C) direkt unter der Eisdecke. Mit zunehmender Tiefe steigt die Wassertemperatur an, bis sie auf dem Grund des Sees 4°C erreicht. Die Eisdecke des Sees verhindert eine Durchmischung des Wasserkörpers durch den Wind. Man bezeichnet dies als **Winterstagnation**. Wenn das Eis im Frühjahr schmilzt, erwärmt sich die Wasseroberfläche auf 4°C. Das Wasser sinkt ab, kälteres Wasser steigt auf, erwärmt sich, sinkt ab usw. Dadurch geht die thermale Schichtung, die sich im Laufe des Winters ausgebildet hat verloren; die Wassertemperatur ist im gesamten See gleich. Der Wind sorgt nun für eine Durchmischung des Wassers (**Frühjahrszirkulation**). Dadurch kommt es zu einer gleichmäßigen Verteilung von Nährstoffen und Sauerstoff im See. Erwärmt sich das Wasser weiter, nehmen die Dichteunterschiede wieder zu und es bildet sich erneut eine stabile Schichtung der Wassersäule aus. Je höher die Temperatur des Oberflächenwassers wird, desto weniger tief kann der Wind das warme Wasser unterpflügen. Die Wärmeverfrachtung bleibt daher im Sommer weitgehend auf das Epilimnion beschränkt. Dieses wird von einer Schicht mit einem steilen Temperaturgradienten (der Sprungschicht oder Metalimnion) vom Hypolimnion getrennt, welches nicht in den Mischungsprozess einbezogen wird. Diese Schichtung mit warmem Oberflächenwasser, einer dünnen Sprungschicht und kaltem Tiefenwasser wird als **Sommerstagnation** bezeichnet. Im Herbst schließlich kühlt das Wasser an der Oberfläche wieder ab. Es sinkt ab und wärmeres Wasser steigt auf. Diese Durchmischung, die von den Herbstwinden unterstützt wird, dauert so lange an, bis das gesamte Wasser des Sees wieder eine Temperatur von ca. 4°C erreicht hat. Ist dies der Fall, besteht im ganzen See kein Dichtehindernis mehr für den Wasseraustausch. Während der **Herbstzirkulation** wird erneut nährstoffarmes, aber sauerstoffreiches Oberflächenwasser nach unten befördert, während nährstoffreiches, aber sauerstoffarmes Tiefenwasser an die Gewässeroberfläche gelangt. Die Zirkulation findet ein Ende, sobald die Temperaturen unter den Gefrierpunkt sinken und der See erneut zufriert.

Neben diesem dimiktischen Zirkulationstyp, den man im gesamten nördlichen Eurasien und in Nordamerika findet, gibt es noch an-

dere Zirkulationstypen: so zum Beispiel monomiktische Seen, deren Wasserkörper nur einmal im Jahr zirkuliert, oligomiktische Seen, bei denen es nur selten und unregelmäßig zu einer Durchmischung des Wasserkörpers kommt, oder polymiktische Seen, deren Wasser häufig oder auch ganzjährig zirkuliert. Daneben gibt es aber auch meromiktische Seen, deren Wasser (meist wegen eines ungünstigen Oberflächen-Tiefen-Verhältnisses) nicht bis zum Grund durchmischt wird. In amiktischen Seen (die in der Regel permanent mit Eis bedeckt sind) findet dagegen aufgrund einer stabilen thermischen Schichtung überhaupt keine Zirkulation des Wassers statt.

### Seen und ihre Fischfauna

Seen können nach verschiedenen Kriterien klassifiziert werden: neben ihrer Entstehung zum Beispiel nach ihrer geographischen Lage, nach ihrer Größe, Tiefe oder ihrem Nährstoffgehalt. Häufig werden Seen auch aufgrund ihrer Fischfauna beschrieben. In Mitteleuropa werden für gewöhnlich vier Haupttypen unterschieden: Maränenseen, Bleiseen, Zanderseen und Hecht-Schlei-Seen. Maränenseen gehören zu den sogenannten **Salmoniden-Seen**. Diese verdanken ihren Namen der Familie der Forellenfische (auch Lachsfische, Salmonidae genannt). Diese Fische leben in kalten Still- und Fließgewässern, die nährstoffarm und sauerstoffreich sind und sich auch im Sommer nur mäßig erwärmen. Das Wasser ist klar und die Seen zeichnen sich durch eine hohe Sichttiefe aus. Zu diesem Seetyp zählen zum Beispiel die Bachforellenseen der Hochgebirge, die von allen Seen die niedrigste Wassertemperatur aufweisen. Ihr Grund ist mit Geröll und Kies bedeckt und wird von den Fischen zur Eiablage genutzt. Neben der Leitart (der Bachforelle) findet man in diesen Seen unter anderem Seesaibling, Elritze, Koppe und Schmerle.

In den Coregonen- oder Maränen-Seen (benannt nach der artenreichen Gattung *Coregonus*) ist der Leitfisch die Maräne, die in Österreich eher unter dem Namen Reinanke bekannt ist. Maränen-Seen sind Voralpenseen mit steil abfallenden Ufern und einer Tiefe von oft über 25 Metern. Die Wassertemperatur ist niedrig, auch in Bodennähe ist noch ausreichend Sauerstoff vorhanden, der Ge-

### Österreich ist anders

Die großen natürlichen Seen Österreichs wurden – abweichend vom herkömmlichen mitteleuropäischen Schema – etwas anders eingeteilt. Zu den fischökologischen Seetypen des Landes zählt zum Beispiel der **Seesaiblingsee**. Saiblingsseen sind relativ hoch gelegen (durchschnittlich mehr als 940 m über dem Meer), haben eine geringe Fläche und werden nur von wenigen Fischarten besiedelt; neben der Leitfischart – dem Seesaibling – finden sich hier typischerweise Koppe, Elritze und Seeforelle. Der typische **Elritzensee** dagegen ist deutlich größer, besitzt eine große maximale Wassertiefe und liegt im Mittel rund 300 m tiefer. Neben der Elritze wird der See unter anderem von Koppe, Seesaibling, Seeforelle, Schmerle, Aitel, Rotaue, Flussbarsch, Brachse und Hecht besiedelt. Für den **Laubensee** sind eine relative geringe maximale Wassertiefe sowie eine lange Wassererneuerungszeit typisch. Neben der Laube werden sie von Aitel, Rotfeder, Rotaue, Brachse, Flussbarsch, Schleie, Hecht und Wels besiedelt. Die vierte Gruppe schließlich wird von den **Zanderseen** gebildet. Diese liegen im pannonischen Tiefland und zeichnen sich durch eine sehr geringe Wassertiefe aus. Neben dem Zander leben hier Karpfen, Hecht und Schleie.

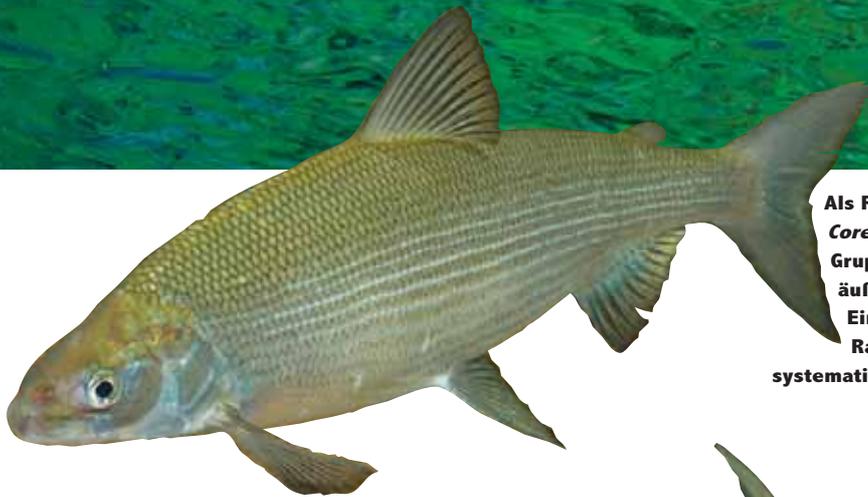


**Die Seen des oberösterreichischen Salzkammerguts zählen aus Sicht der Fischökologie zum Seetypus „Elritzensee“. Die Elritze als Leitfischart ist ein kleiner, nur rund 10 cm langer Fisch, der hohe Ansprüche an die Wasserqualität stellt. Während der Laichzeit sind die Männchen auffallend bunt gefärbt und zählen dann zu den schönsten heimischen Fischen.**

wässergrund ist sandig bis kiesig. Neben den Coregonen besteht die Fischfauna unter anderem aus Bachforelle, Seesaibling, Aalrutte, Barsch, Hecht, und verschiedenen Weißfischen. Die Leitfischart der **Bleiseen** ist die Brachse (oder Blei). Es handelt sich bei diesen Seen um mäßig tiefe, nährstoffreiche Flachlandseen; die Uferbereiche sind flach mit einem dichten Uferpflanzenbewuchs, der den Fischen günstige Fortpflanzungsbedingungen bietet. Kennzeichnend für die typischerweise größeren und tieferen Brachsenseen sind ausgeprägte Flachwasserzonen. Im Sommer lässt sich eine stabile Schichtung beobachten, die häufig mit Sauerstoffmangel in Bodennähe einhergeht. Die sommerliche Sichttiefe liegt oft unter einem Meter. Der Grund eines Brachsen-sees ist reich an organischem Material, in der Tiefe ist er häufig mit Faulschlamm bedeckt. Die artenreiche Bodenfauna dient den Fischen als Hauptnahrung. Zu den Begleitfischen der Brachse zählen unter anderem verschiedene Karpfenfische (wie z. B. Rotfeder, Rotaue und Schleie), Aal, Barsch, Hecht und Wels. **Hecht-Schlei-Seen** sind durchgehend flach, eine Tiefenzone fehlt. Genau genommen handelt es sich bei diesem Gewässertyp

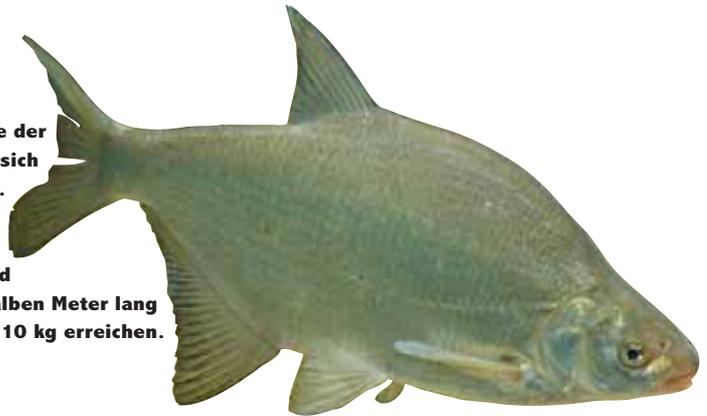
daher nicht um einen See, sondern um einen Weiher. Sonnenlicht dringt überall bis zum Gewässergrund vor; daher finden sich ausgedehnte Wasserpflanzenbestände nicht nur in Ufernähe, sondern im gesamten Gewässer. Der Gewässergrund ist wegen der abgestorbenen Pflanzenreste oft schlammig. Der Sauerstoffgehalt ist jedoch ausreichend hoch, die Sichttiefe kann sehr gut sein. Die Wassertemperatur ist starken Schwankungen unterworfen; im Sommer ist sie recht hoch. Eine Schichtung tritt – wenn überhaupt – nur sehr kurzfristig auf. Die beiden Leitfischarten laichen auf Überschwemmungsflächen oder über den Wasserpflanzenbeständen im See. Der Schleie, der sich von Bodenlebewesen ernährt, besitzt eine hohe Vermehrungsrate; der Hecht als Raubfisch reguliert den Bestand. Zu den Begleitarten zählen Weißfische (wie Rotaue und Rotfeder), Karausche, Giebel, Aal und Karpfen, dazu verschiedene Kleinfischarten wie Moderlieschen, Schlammpeitzger oder Bitterling.

**Zanderseen** sind Flachlandseen von geringer Tiefe und einem hohen Nährstoffgehalt. Sie sind ausgesprochen planktonreich und daher sehr trüb. Wegen dieser Sommertrübung, die durch Algen



Als Reinanken (Maränen) werden Fische der Gattung *Coregonus* bezeichnet, die wiederum die artenreichste Gruppe innerhalb der Forellenfische bildet. In ihrem äußeren Erscheinungsbild unterscheiden sich die Einzelnen Coregonon-Arten, Unterarten oder lokalen Rassen oft kaum voneinander. Eine genaue systematische Abgrenzung gestaltet sich daher als schwierig.

Die Brachse ist eine Fischart aus der Familie der Karpfenfische. Sie lebt in Schwärmen und hält sich bevorzugt in der Nähe des Gewässergrundes auf. Mit ihrem großen, vorstülpbaren Rüsselmaul sucht sie im Schlamm nach Nahrung (nach Zuckmückenlarven, Muscheln, Schnecken und Würmern). Brachsen können über einen halben Meter lang werden und ein Gewicht von bis zu 10 kg erreichen.



Der Hecht ist ein Raubfisch, der auf der Nordhalbkugel weit verbreitet ist. Als Standfisch hält er sich in der Uferregion von klaren Seen mit üppigem Bewuchs, aber auch in Fließgewässern mit geringer Strömungsgeschwindigkeit auf. Hechte sind nahezu standorttreu; das Territorium wird gegen Artgenossen verteidigt. Ihr Beutespektrum umfasst neben Fischen auch Amphibien, Vögel und kleine Säugetiere. Auch Kannibalismus ist häufig.



Der Schlei ist ein recht anspruchsloser, äußerst anpassungsfähiger Karpfenfisch. Er bevorzugt warme, krautreiche Seen, kommt aber auch in strömungsarmen Fließgewässern vor. Durch seine Fähigkeit zur Hitze- und Kältestarre überlebt er sogar extremen Sauerstoffmangel. Zudem toleriert er auch saures Moorwasser.



## Tümpel, Weiher, See



Seesaiblinge (oben links) kommen in den kalten, klaren, sauerstoffreichen Seen der Alpen und Voralpen vor. Je nach Lebensraum unterscheiden sich die Fische in Lebensweise und Aussehen. In Österreich gibt

es drei verschiedene Ökotypen: Die größte ist der Wildfangsaibling, der an die 80 cm lang und bis zu 10 kg schwer werden kann. Als ausgesprochener Raubfisch ernährt er sich überwiegend von Fischen. Der Normalsaibling ist mit 45 cm Länge und etwa 1 kg Gewicht deutlich kleiner und ernährt sich als Friedfisch vor allem von kleinen Bodentieren oder Planktonorganismen. In den Seen des Hochgebirges entwickelt der Seesaibling durch das verringerte Nahrungsangebot die Kümmerform des Schwarzreutters (oben rechts). Dieser wird höchstens 25 cm lang und 100 g schwer und ernährt sich überwiegend von Plankton.



Der Zander ist der größte Süßwasserbarsch Europas (er kann über einen Meter groß werden, erreicht jedoch häufig eine Größe von 40 bis 60 cm). Außer in Seen findet man ihn auch in langsam fließenden Flüssen und in Haffen, also im Brackwasser. Der Zander lebt in kleinen Schwärmen, vorzugsweise weit entfernt vom Ufer. Als Raubfisch ernährt er sich vorwiegend von kleineren Fischarten. Er laicht auf hartem Grund in 1 bis 1,5 m Tiefe.

Der Perlfisch erreichte nach dem Ende der letzten Eiszeit über die Donau die Seen des österreichischen und deutschen Alpenvorlandes. Heute findet man ihn nur noch im Attersee, im Mondsee und im Wolfgangsee. Seinen Namen erhielt der Perlfisch wegen des außergewöhnlich starken Laichauschlags der Männchen: Reiskorngröße, weißliche Verhornungen überziehen während der Laichzeit die Haut an Kopf und Rücken der Tiere.



## Tümpel, Weiher, See

### Einwanderer und Eiszeitrelikte

Österreich besitzt eine – für europäische Verhältnisse – ausgesprochen artenreiche Fischfauna: 74 Arten von Fischen und Neunaugen kommen derzeit in den heimischen Gewässern vor, wobei die Karpfenfische die artenreichste Familie bilden. Die Fischfauna der Stillgewässer ist deutlich artenärmer als jene der Fließgewässer. Fische besiedelten die österreichischen Seen zunächst von Fließgewässern aus. Das heißt, die heimischen Seefische sind eigentlich Fließgewässerformen, die sich an die Lebensbedingungen in den Seen angepasst haben. Lediglich Coregonen und Seesaiblinge bilden in dieser Hinsicht Ausnahmen: Man findet sie in Österreich ausschließlich in Stillgewässern. Vermutlich sind sie als sogenannte Eiszeitrelikte nach dem Abschmelzen der Gletscher am Ende der letzten Eiszeit in den Alpen- und Voralpenseen zurückgeblieben. Viele Fische, die man heute in den österreichischen Seen findet, waren dort ursprünglich nicht heimisch, sondern wurden durch den Menschen eingebracht. Durch die fischereiliche Bewirtschaftung, die in Österreich eine lange Tradition hat, kam es in vielen Seen zu einer massiven Verschiebung des Artenspektrums.

**Aale sind zwar in wenigen Österreichischen Fließgewässern heimisch. Ihr Vorkommen in den Seen ist dagegen ausnahmslos auf Besatz zurückzuführen. Der Besatz mit Aalen blieb nicht ohne Auswirkung auf die Zusammensetzung der Fischfauna: Teilweise kam es zu einem drastischen Rückgang oder sogar zum völligen Verschwinden einzelner Fischarten.**

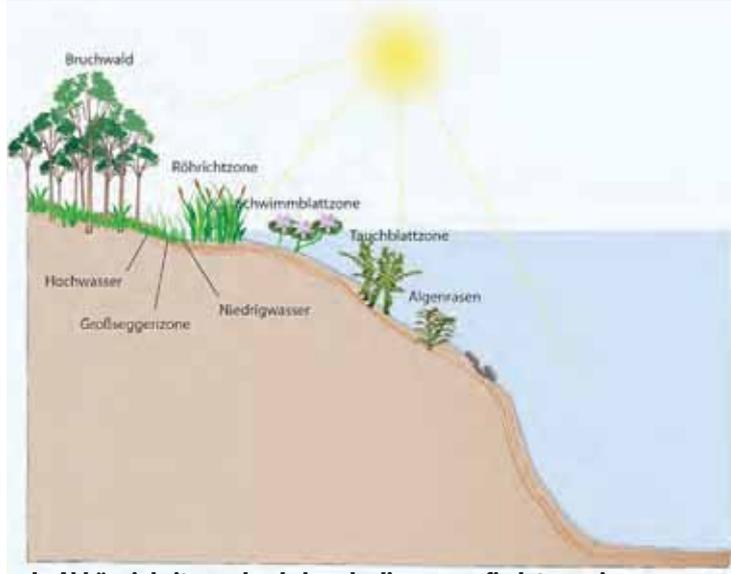


verursacht wird, gedeihen kaum höhere Wasserpflanzen und die Ufervegetation ist nicht üppig. Der Seegrund ist teils mit Schlamm bedeckt, vor allem im Uferbereich teils aber auch hart und steinig. Da es kaum zur Ausbildung einer Schichtung kommt, ist das Wasser auch am Grund sauerstoffreich. Der Charakterfisch, der Zander, ist ein großer, pelagischer Raubfisch aus der Familie der Barsche. Weitere typische Fischarten des Zandersees sind Laube, Rotauge, Brachse, Barsch, Aal und Stichling.

### Vom Erlenwald bis zum Algenrasen

Seen zeigen eine deutliche vertikale Schichtung, was die chemischen und physikalischen Parameter und damit die Lebensbereiche betrifft. Besonders hoch ist die Artenvielfalt in der flachen, warmen und lichtdurchfluteten Uferzone – dem sogenannten Litoral. Dieses reicht vom angrenzenden Landstreifen bis hinunter in jene Tiefe, in der aufgrund des Lichtmangels kein Pflanzenwachstum mehr möglich ist. Wie diese Uferzone ausgeprägt ist, hängt von der Hauptwindrichtung – und damit von der Wasserbewegung – ab. Man unterscheidet daher Brandungs- und Stillwasserufer. An einem Brandungsufer entwickelt sich ein Streifen aus Sand und Kies, der mehrere Meter breit sein kann. Die Organismen, die hier leben, haben einen besonders hohen Sauerstoffbedarf und müssen der starken, wechselnden Wasserbewegung standhalten. Sie leben auf, unter oder zwischen den Steinen oder im Sand. Häufig verfügen sie über besondere Anpassungen, wie zum Beispiel einen stark abgeflachten Körper (wodurch der Strömungswiderstand herabgesetzt wird) oder verschiedene Haltevorrichtungen (wie zum Beispiel Haken oder Saugnäpfe).

Ganz anders dagegen verhält es sich mit den Stillwasserufern nährstoffreicher Seen: Hier gedeihen üppige Pflanzenbestände, die einer Vielzahl von tierischen Bewohnern einen geeigneten Lebensraum bieten. Der oberste Bereich ist die sogenannte **Bruchwaldzone**. Diese ist nicht vom Wellenschlag und damit von Spritzwasser betroffen und markiert den Übergang zum Land. Da der Grundwasserspiegel hoch ist, gedeihen hier ausschließlich Pflanzen die gut mit einem feuchten Boden zurechtkommen. Außer der



**In Abhängigkeit von den Lebensbedingungen findet man im Uferbereich eines Stillgewässers unterschiedliche Pflanzengemeinschaften – vom Bruchwald, der den Übergang zum Land markiert, bis hin zu den Algenrasen in den tiefsten, noch ausreichend mit Licht versorgten Schichten. Allerdings lassen sich nicht an jedem Stillgewässer alle diese Zonen beobachten.**

Schwarzerle sind dies vor allem Moorbirken und Weiden. Der dichte Unterwuchs besteht aus Moosen, Farnen, Sauergräsern und Binsen. Zahlreiche Vögel nutzen diesen Bereich als Brutrevier. An die Bruchwaldzone schließt die **Großseggenzone** an, die im Bereich zwischen Hoch- und Niedrigwasserlinie liegt. Neben verschiedenen, horstbildenden Seggen (wie zum Beispiel Steife Segge, Rispensegge oder Schnabelsegge) kommen hier Wasserröhricht, Blutweiderich oder Sumpf-Schachtelhalm vor. Den Pflanzen steht in dieser Zone außer Wasser auch Licht mehr oder weniger unbeschränkt zur Verfügung, da Bäume fehlen. Auch die Versorgung mit Nährstoffen ist meist gut. Allerdings ist der Boden recht sauerstoffarm, sodass viele Pflanzen spezielle Belüftungseinrichtungen entwickelt haben (wie zum Beispiel Belüftungsgewebe, hohle Stängel oder Luftkammern in den Wurzelstöcken). Im Laufe der natürlichen Alterung eines Stillgewässers entwickelt sich der Großseggenzone mit der Zeit zum Erlenbruchwald.



**Die pflanzenreiche Uferzone von Stillgewässern ist der Lebensraum einer äußerst artenreichen Fauna von Wirbellosen. Hier leben zahlreiche Insektenarten, die das Wasser vom Land aus erobert haben, wie zum Beispiel Libellen (hier die Große Pechlibelle), deren Larven sich im Wasser entwickeln. Der Pflanzengürtel ist aber auch eine wichtige Schutzzone für viele Jungfische, die sich hier vor Raubfischen verbergen.**



## Tümpel, Weiher, See

Auf die Großseggenzone folgt in der Übergangszone zwischen Wasser und Land die **Röhrichtzone**. Sie bietet landlebenden wie wasserlebenden Organismen gleichermaßen Lebensraum. Je nachdem wie steil das Ufer ist, kann die Röhrichtzone nur einige Meter bis mehrere Kilometer breit sein (wie etwa am Neusiedler See). Die Pflanzen in diesem Bereich sind noch emers – das heißt, ihre Stängel und Blätter ragen größtenteils noch über den Wasserspiegel hinaus. Zu ihnen gehören zum Beispiel Schilfrohr, Rohrkolben, Teichbinse und Froschlöffel. Das Röhricht bietet gute Laichplätze für Fische sowie günstige Brutmöglichkeiten für Wasservögel wie zum Beispiel Blässhuhn oder Teichralle. Zusammen mit dem Großseggenürtel ist der Röhrichtgürtel für die Selbstreinigung eines Sees von großer Wichtigkeit („Schilfkläranlage“). Zudem schützen die Pflanzen das Ufer vor der Erosion durch Wind und Wellen. Allerdings sind gerade diese beiden sensiblen Bereiche durch Uferverbau, Trockenlegung und Badebetrieb besonders stark gefährdet.

An die Röhrichtbestände schließt in stillen, windgeschützten Buchten die **Schwimblattzone** an. Diese wird von Pflanzen gebildet, deren Wurzeln und Stängel unter der Wasseroberfläche liegen und deren Blätter auf der Oberfläche schwimmen. Seerose, Teichrose und Wasserknöterich sind die bekanntesten Vertreter der Schwimblattzone. Mit ihren biegsamen Stängeln sind sie hervorragend an die schwankenden Wasserstände angepasst. In sehr ruhigen Gewässern findet man auch frei schwimmende Arten wie zum Beispiel Wasserlinsen oder Krebssschere.

Wird das Wasser tiefer, treten die Schwimblattpflanzen zurück. Nun breiten sich Pflanzen aus, die zur Gänze untergetaucht sind. Man nennt diesen Bereich eines Stillgewässers daher die **Tauchblattzone**. Die Pflanzen, die hier vorkommen bilden meist viele schmale Blätter aus, um das bereits spärliche Licht bestmöglich zu nutzen. Zu den Tauchblattpflanzen gehören neben den verschiedenen Laichkräutern unter anderem Tausendblatt, Hornkraut und Wasserpest. Ihre Tiefenausbreitung wird zum einen durch das Sonnenlicht begrenzt, zum anderen jedoch durch den steigenden Wasserdruck, der ab einer Tiefe von mehr als 10 Metern ihr Luftgewebe zerstören würde. Daher findet man in tieferen Bereichen, wo Licht- und Druckverhältnisse für höhere Pflanzen nicht mehr geeignet sind, nur noch



**Seggen gehören zur Familie der Sauergrasgewächse. Sie bevorzugen flach überschwemmte, gelegentlich trockenfallende Uferbereiche. Während sie zunächst oft rasenartige Bestände bilden, entstehen im tieferen Wasser häufig die markanten Bulte. Diese werden von Wasservögeln gerne als Neststandort genutzt. Mit ihren tiefreichenden Wurzeln tragen Seggen zur Landbildung am Rande von Stillgewässern bei.**

**Rohrkolben bilden oft dichte Bestände in der Röhrichtzone von Stillgewässern. Sie sind leicht an ihren charakteristischen Blütenständen zu erkennen, mit einem dickeren Kolben aus weiblichen Blüten und einem etwas weiter oben stehenden männlichen Blütenkolben. Die Verbreitung der Samen erfolgt durch den Wind und durch das Wasser. Zudem vermehren sich die Pflanzen auch vegetativ.**





Die Röhrlichtzone ist für die Vogelfauna von großer Bedeutung. Im Frühling errichten Rohrsänger (hier der Drosselrohrsänger), Rohrdommel, Teichhuhn, Blässhuhn und Haubentaucher hier ihre Nester. Im Sommer bietet sie Enten gute Versteckmöglichkeiten, wenn sie während der Mauser (dem Wechsel des Gefieders) für kurze Zeit flugunfähig sind. Im Herbst finden Zugvögel, wie zum Beispiel Stare, hier geeignete Rastplätze.



Arملهuchteralgen sind hervorragende Indikatoren für eine gute Wasserqualität. Die urtümlichen Wasserpflanzen bevorzugen nährstoffarme, kalkhaltige Gewässer und sind ausgesprochen empfindlich gegenüber Nährstoffeinträgen. Daher zählen sie zu den am stärksten gefährdeten Vegetationseinheiten Österreichs. Ausgedehnte Bestände der Arملهuchteralge finden sich in Oberösterreich zum Beispiel im Mondsee und im Attersee.

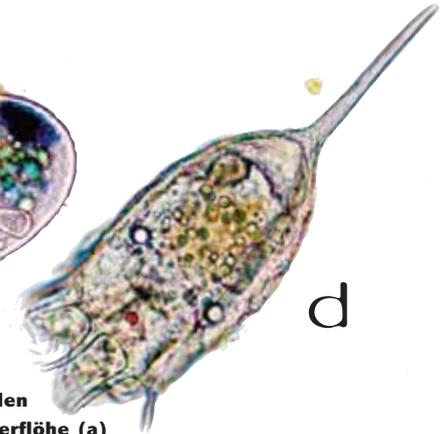
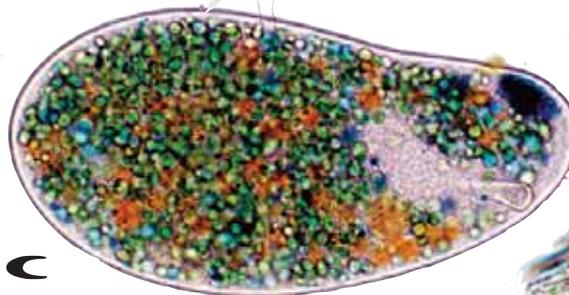
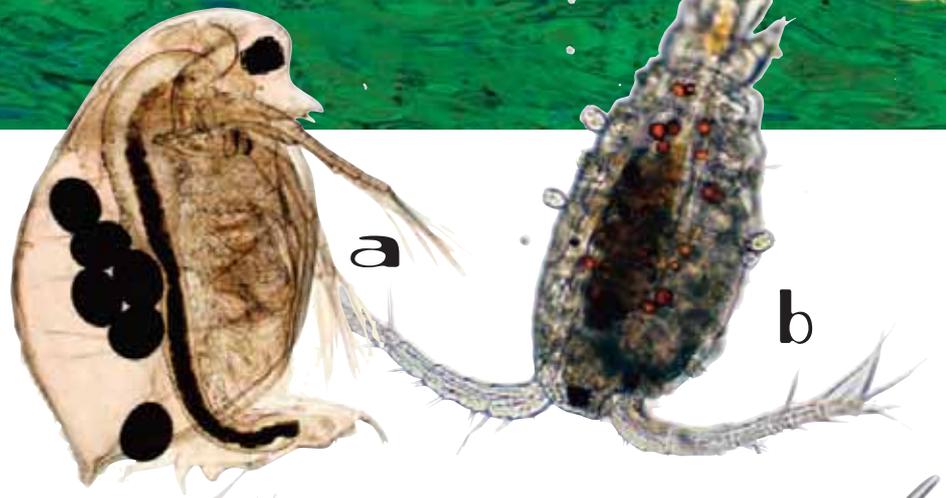
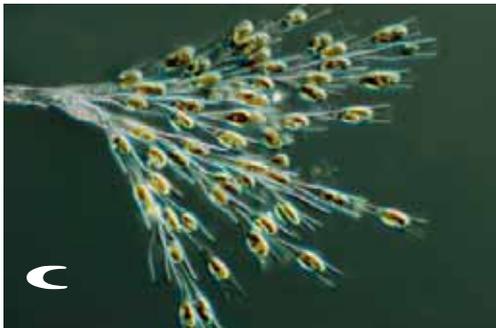
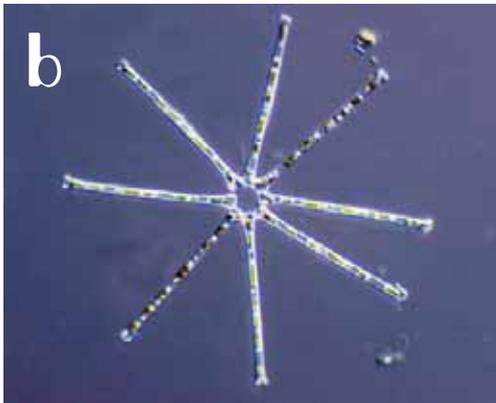
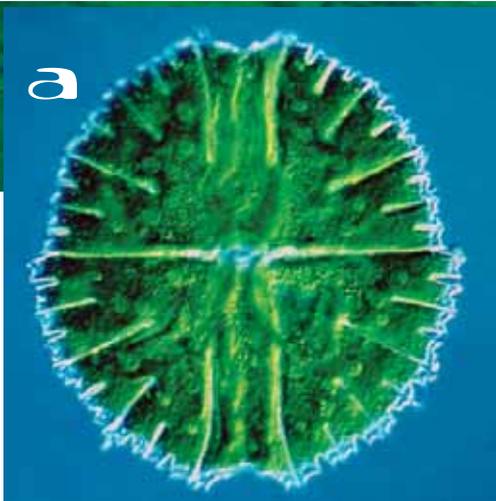


Das Tausendblatt ist eine typische Pflanze der Tauchblattzone. Sie gedeiht in Ufernähe bis in eine Tiefe von etwa zwei Metern. Typisch sind die außerordentlich biegsamen Stängel und die zarten, gefiederten Blätter. Die Blüten werden über Wasser ausgebildet. Die Bestäubung erfolgt durch den Wind, die Ausbreitung der Samen dagegen durch das Wasser.

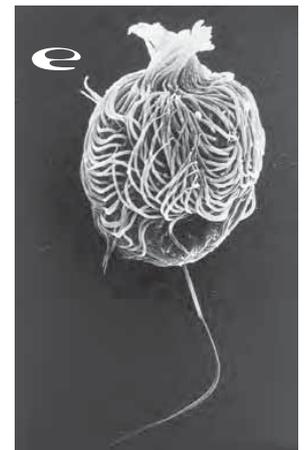
Am Brandungs- ufer eines Sees nutzen viele Arten das strömungs-beruhigte Lückensystem. Sie besiedeln zum Beispiel vorrangig die Unterseite von Steinen. Aber auch ein Leben im Gewässer- grund ermög-



licht es den Tieren (wie dieser Eintagsfliegenlarve in ihrer Wohnröhre), dem Wellenschlag zu entgehen. Für die Selbstreinigung eines Sees sind die Bewohner des Sandlückensystems – wie zum Beispiel Einzeller, Fadenwürmer oder Rädertierchen – von großer Wichtigkeit.



Planktonorganismen, die keine Photosynthese betreiben, werden zum Zooplankton gerechnet. Zu den wichtigsten Gruppen des Zooplanktons zählen verschiedene kleine Krebse wie zum Beispiel Wasserflöhe (a) oder Ruderfußkrebse (b), dazu Wimpertierchen (c), Rädertierchen (d) oder Geißeltierchen (e). Diese tierischen Planktonorganismen sind eine bedeutende Nahrungsquelle für Fische.



Die charakteristische Lebensgemeinschaft des freien Wasserkörpers eines Sees ist das Plankton. Winzige, einzellige oder mehrzellige Algen bilden die Grundlage eines verzweigten Nahrungsnetzes. Die Algen werden in verschiedene Gruppen eingeteilt: Grünalgen (a), Kieselalgen (b), Goldalgen (c), und Rotalgen. Blaualgen (d) tragen ihren Namen dagegen zu Unrecht: Sie zählen nämlich nicht zu den Algen, sondern zu den Bakterien. Artenzusammensetzung und Häufigkeit der Algen liefert wertvolle Hinweise auf den Zustand eines Stillgewässers.

### Wenn aus Seen Moore werden

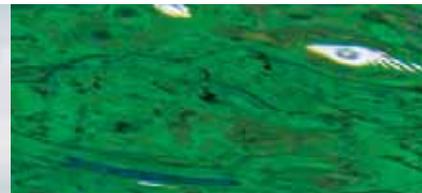
Alle Stillgewässer unterliegen einer natürlichen Alterung. Daher sind sie – geologisch betrachtet – recht kurzlebig. Dies liegt vor allem an den Pflanzen, die das Wasser und die Uferbereiche besiedeln und hier die charakteristischen Zonen ausbilden. Abgestorbene Pflanzenteile werden großteils von Tieren zerkleinert und verwertet und lagern sich schließlich (zusammen mit tierischen Überresten) als Schlamm am Seegrund ab. Dadurch wird das Wasser mit der Zeit seichter. Und da die Wasserpflanzen eine bestimmte Wassertiefe bevorzugen, verschieben sich mit abnehmender Tiefe die Vegetationszonen kontinuierlich weiter in Richtung Seemitte. Auf diese Weise nimmt die Wasserfläche des Sees mit der Zeit immer weiter ab, bis aus dem See schließlich ein Feuchtgebiet wird. Zunächst entsteht im Verlandungsbereich eines Sees ein sogenanntes Niedermoor. (Niedermoores sind nicht immer sofort als Moore zu erkennen, sondern präsentieren sich vielmehr als feuchte, außerordentlich artenreiche Wiesen mit einer üppigen Blütenpracht.) Wird die Schicht aus abgestorbenen Pflanzen, der sogenannte Torf, mit der Zeit so mächtig, dass das Moor keinen Kontakt mehr zum Grundwasser hat kann aus dem Niedermoor ein anderer Moortyp hervorgehen: das Hochmoor. Hochmoore werden ausschließlich von Regenwasser gespeist, sind extrem nährstoffarm und sauer. Daher werden sie nur von wenigen, spezialisierten Arten besiedelt. Die Vegetation wird fast ausschließlich von Torfmoosen gebildet.



**Moorseen gehören zu den sogenannten Braunwasserseen. Sie sind arm an Nährstoffen und Elektrolyten, aber reich an gelösten Humussubstanzen, die dem Wasser seine braune Farbe verleihen. Diese Farbe zusammen mit der geringen Größe und Tiefe der Gewässer sorgt im Sommer für sehr hohe Wassertemperaturen und damit für einen außergewöhnlichen Reichtum an Wasserpflanzen.**

Moose (wie zum Beispiel das Quellmoos) und Algen. Schlauchalgen und vor allem Armleuchteralgen bilden in den tiefsten Bereichen des Litorals bisweilen ausgedehnte **Algenrasen**. Diese „Unterwasserwiesen“ sind ausgesprochen wichtige Rückzugsge-

biete für viele Arten und spielen als Laich- und Nahrungsgründe eine bedeutende Rolle. In tieferen Schichten ist aufgrund des Lichtmangels kein Pflanzenwachstum mehr möglich.



**Seit der Mitte des 20. Jahrhunderts wurden in Österreich 30.000 Flusskilometer begradigt und kanalisiert. 400.000 Hektar Überschwemmungsflächen wurden von den Fließgewässern abgetrennt und 260.000 Hektar Feuchtgebiete entwässert. Der Landgewinn war beträchtlich. (Zum Vergleich: Das Burgenland ist 396.000 Hektar groß!) Der Verlust an biologischer Vielfalt ebenso.**

## Verschmutzt, verbaut, verändert

Süßwasserlebensräume haben durch menschliche Eingriffe stark gelitten. Vor allem die Fließgewässer wurden oft bis zur Unkenntlichkeit verändert, um den menschlichen Bedürfnissen zu genügen. Die Auswirkungen auf die aquatischen Lebensgemeinschaften waren gravierend.

### Zwischen Nutzung und Schutz

Still- und Fließgewässer spielten im Leben des Menschen stets eine wichtige Rolle. Man machte sich ihr Wasser zunutze und versuchte, ihren Wasserhaushalt zu manipulieren. Bereits lange vor dem Zeitalter der Industrialisierung wurden Bäche und Flüsse eingedämmt und Bewässerungsgräben angelegt. Der Mensch staute Fließgewässer auf, nutzte die Kraft des Wassers für seine Mühlen, veränderte den Wasserspiegel von Seen und legte Feuchtgebiete trocken. Mit dem Voranschreiten der Industrialisierung und den neuen technischen Errungenschaften wurden auch die Eingriffe ungleich drastischer. So zählen Fließgewässer mittlerweile zu den am stärksten beeinträchtigten Ökosystemen der Welt: Nicht nur die Wasserqualität der Flüsse hat sich seit der industriellen Revolution



stark verschlechtert. Die einstigen Lebensadern der Landschaft wurden in monotone Wasserstraßen, Vorfluter und Abwasserkanäle verwandelt. Das rapide ansteigende Bevölkerungswachstum, die damit verbundene Erschließung neuer Siedlungsräume und nicht zuletzt wirtschaftliche Interessen ließen kaum noch Raum für die natürliche Dynamik von Fließgewässern. Viele große Flüsse wurden begradigt und eingedämmt. Die Errichtung von Kraftwerken schließlich veränderte den Charakter vieler Flusslandschaften unwiderruflich und machte aus ehemaligen Fließgewässern eine Kette von Stauseen. 45.000 größerer Staudämme gibt es bis heute weltweit! Und zahlreiche weitere geplante Staudammprojekte vor allem in den Entwicklungsländern gefährden die Durchgängigkeit von bislang unbeeinflussten Flüssen bzw. Flussabschnitten. Insgesamt sind rund 60% der größten Flüsse der Welt mittlerweile durch Dämme, Umleitungen und Kanäle stark verändert. Und den Seen erging es nicht wesentlich besser: Auch sie wurden durch Wasserentnahme, durch die Verbauung ihrer Ufer und durch die Einleitung von Schadstoffen geschädigt. Inzwischen sind weltweit mehr als die Hälfte aller Seen durch anthropogene Veränderungen massiv beeinträchtigt.

Unter den Veränderungen der Fließ- und Stillgewässer leiden auch deren natürliche Lebensgemeinschaften und damit die biologische Vielfalt. Zwar ist man heute zum Teil bereits bemüht, die Fehler der Vergangenheit nicht zu wiederholen bzw. diese soweit es möglich ist wieder gut zu machen (etwa durch Sanierungsmaßnahmen, die Entfernung von Wanderhindernissen etc.). Vor allem in Mitteleuropa, wo Still- und Fließgewässer wie nirgendwo sonst auf der Welt unter menschlichen Einflüssen gelitten haben, versucht man, die Gewässer wieder zu beleben. Doch ist dies mit massiven Schwierigkeiten verbunden – insbesondere da oftmals nur einzelne Aspekte oder Schutzgedanken im Vordergrund stehen beziehungsweise verschiedene Interessen (wie beispielsweise Schifffahrt, Hochwasserschutz, Stromerzeugung, Sportfischerei und Naturschutz) miteinander kollidieren. Dazu kommt, dass das Zusammenspiel einzelner ökologischer Faktoren in Fließ- und Stillgewässern noch längst nicht in seiner gesamten Komplexität verstanden ist. Und da außerdem nur wenige historische Daten (etwa zur Artenzusammensetzung)



**Die Uferbereiche vieler Seen wurden durch Verbauung stark verändert und können ihre ökologische Funktion nur noch sehr eingeschränkt erfüllen. Gerade für den Bade- und Erholungsbetrieb werden häufig massive Umgestaltungen vorgenommen, die den Übergang zwischen Land- und Seefläche massiv beeinträchtigen.**

zung) vorliegen, lassen sich die Veränderungen in aquatischen Lebensräumen nur schwer abschätzen. Außer Frage jedoch steht, dass Eingriffe in Süßwasserökosysteme stets unmittelbare, teils dramatische Folgen haben – und zwar nicht nur für Pflanzen und Tiere, sondern auch für den Menschen.

### Im steinernen Korsett

Vor etwa 200 Jahren begann man in Mitteleuropa im großen Stil damit, Dämme zu errichten und Flüsse zu regulieren. Dabei wurde ganz massiv in den Verlauf der Fließgewässer eingegriffen: Flüsse wurden begradigt und die einst weit verzweigten Flussarme auf ein einziges Gerinne reduziert. Das Geschiebe wurde entfernt, die Ufer befestigt und der Fluss vollkommen von den angrenzenden Landökosystemen abgekoppelt. Häufig dienten diese Maßnahmen dazu, um Flüsse für die Schifffahrt nutzbar zu machen. Zugleich gewann

**Kanalisierte, ausgeräumte Flussbetten bieten wasserlebenden Tieren keinen geeigneten Unterschlupf mehr. Stautufen und Wehre verhindern die Wanderung von Fischen. Und die gleichförmigen, häufig mit Blockwurf gesicherten Ufer sind im Vergleich zu natürlichen Ufern ausgesprochen monoton und dementsprechend artenarm.**



man das fruchtbare Schwemmland des Aubereichs, das neuen Siedlungsraum bot oder landwirtschaftlich genutzt wurde. Die Hoffnung, durch Flussregulierungen auch Hochwasserkatastrophen abwenden zu können, erfüllte sich dagegen nicht. (Die Überschwemmungsgefahr nahm durch das Verkürzen der Flussläufe im Gegenteil sogar zu.)

Die Errichtung großer Staudämme zur Wende des 20. Jahrhunderts markierte einen weiteren Meilenstein in der Flussregulierung. Diese Dämme dienten neben dem Hochwasserschutz vor allem der Stromproduktion. Für die Fließgewässerökologie hatten Regulierungen und Kraftwerksbau verheerende Folgen:

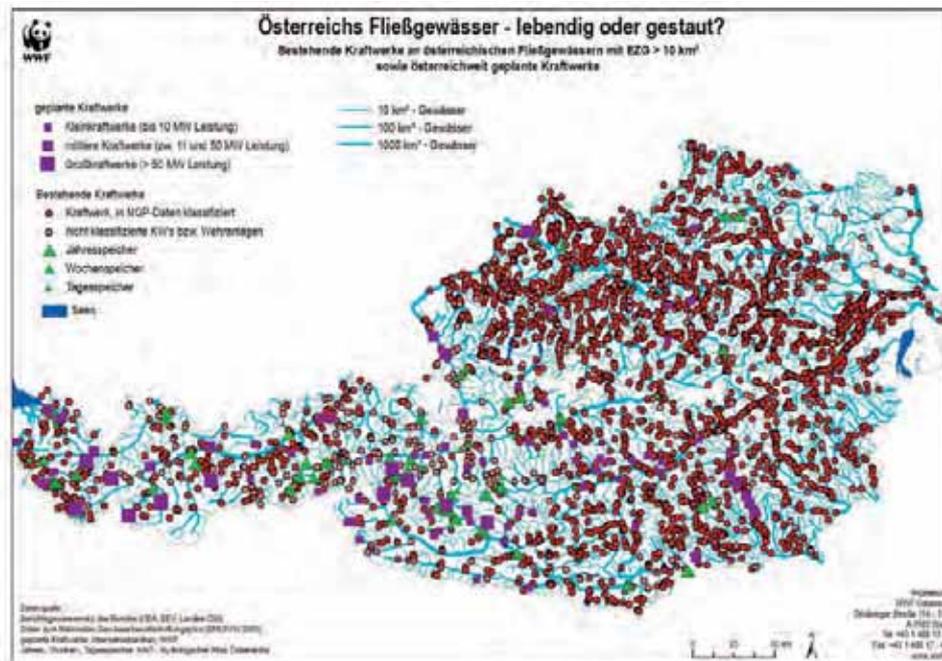
Während die Gesamtwasserfläche durch diese Eingriffe signifikant abnahm, erhöhte sich die Fließgeschwindigkeit stark. Weiters veränderte sich die Temperatur des Wassers, seine chemische Zusammensetzung sowie sein Sauerstoffgehalt massiv. Die Vielfalt an aquatischen Lebensräumen verschwand, und in jedem Flussabschnitt herrschen mehr oder weniger die gleichen Bedingungen. Stromschnellen, Kiesbänke, Überflutungsebenen, Feinsand-Anschwemmungen, Altarme, Augewässer und Feuchtgebiete dagegen fehlen an regulierten Flüssen weitgehend. Mit ihnen gingen jene

Arten verloren, die im Laufe ihrer Entwicklung auf verschiedene Lebensräume angewiesen sind. Der Bau der Kraftwerke führte zudem zu massiven Veränderungen des Geschiebe- und Grundwasserhaushalts. Die jährlichen Schwankungen des Wasserspiegels werden unterbrochen und die natürliche Hochwasserdynamik kommt zum Erliegen. Dadurch kommt es zu einer endgültigen Trennung des eng verflochtenen Systems von Fluss und Au. (In Mitteleuropa sind durch diese massiven Eingriffe mittlerweile 90% der aktiven Auen verschwunden!) Die Staubecken selbst sind in höchstem Maße veränderte Flussabschnitte, die nichts mehr mit den ursprünglichen Verhältnissen gemein haben. Strömungsgeschwindigkeit und Schleppkraft des Wassers sind hier extrem reduziert, und die Gewässersohle ist dick mit Sand und Schlamm bedeckt. Für strömungsliebende Arten sind diese neu geschaffenen, monotonen Lebensräume daher denkbar ungeeignet. Sie erfüllen lediglich die Ansprüche mancher Bodenbewohner, die dann in Massen auftreten können, wie etwa verschiedene Schlammröhrenwürmer. Die Fischfauna leidet massiv unter den neuen Verhältnissen: Strömungsliebende Fische kommen mit der langsamen Fließgeschwindigkeit des Wassers nicht zurecht und vermissen außerdem

## Verschmutzt, verbaut, verändert

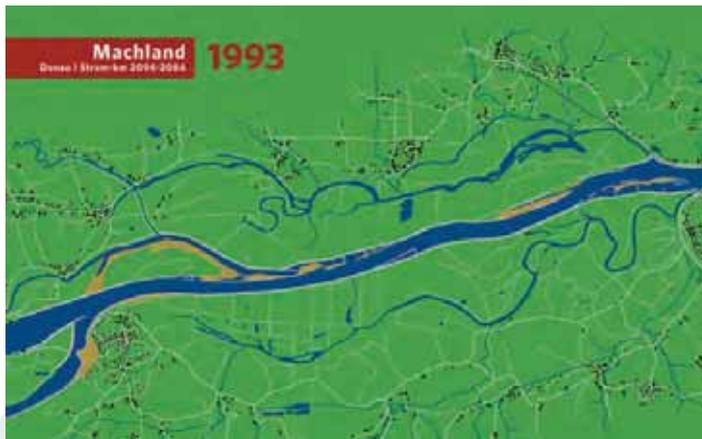
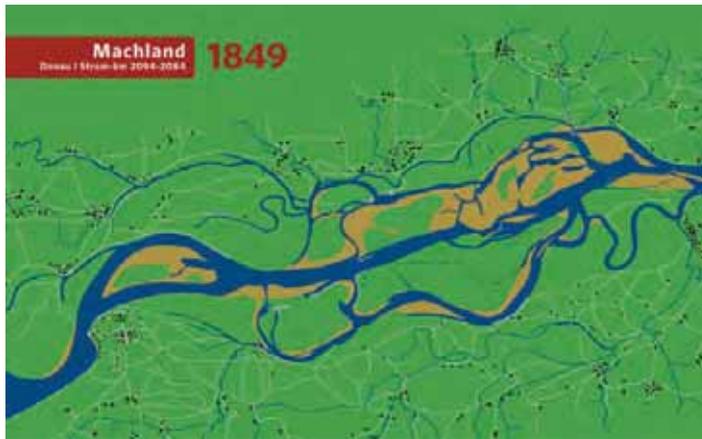
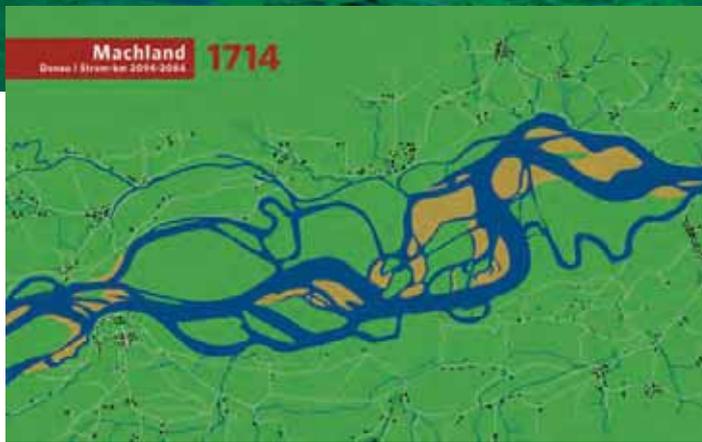


Ursprünglich sollten durch Regulierungsmaßnahmen Flüsse gezähmt und Hochwässer vermieden werden. Doch durch die Begrädiungen wurde der Verlauf signifikant verkürzt, und die Fließgeschwindigkeit des Wassers nahm zu. Hochwasserereignisse blieben nicht aus, sie verlagerten sich lediglich flussabwärts. Dort, wo einstige Überschwemmungszonen der Verbauung zum Opfer gefallen sind, schützt man sich mit Hilfe von Dämmen und Schutzmauern.



Mehr als 3.800 Kraftwerke gibt es in Österreich – im Durchschnitt eines alle 8 km. Dazu kommen 46.000 Querbauwerke, die den natürlichen Lauf der Fließgewässer unterbrechen. Die Gewässerökosysteme werden durch diese Veränderungen massiv beeinträchtigt und oft zerstört.





**Die Donau und mit ihr die Donauauen haben sich durch Flussregulierungen und die Errichtung von Kraftwerken massiv verändert. Vor den Regulierungsmaßnahmen im Jahre 1821 zeichnete sich der Strom (wie hier im Machland) durch einen stark gewundenen Verlauf und vielfältige Verzweigungen aus. Durch massive Eingriffe wurde die Wasserfläche auf rund 35% reduziert!**

das grobkörnige Substrat der Gewässersohle. Und jene Fischarten, die an geringere Strömungen angepasst sind, bevorzugen in der Regel eine höhere Wassertemperatur als man sie in den Stauräumen vorfindet. Neben den Tieren leiden auch die Pflanzen unter den Veränderungen durch den Kraftwerksbau: Durch die Eintiefung der Gewässersohle und die daraus resultierende größere Wassertiefe reichen am Boden die Lichtverhältnisse für die Fotosynthese häufig nicht mehr aus. Algen und höhere Wasserpflanzen gedeihen daher nur noch in den Uferbereichen. Und dieses Fehlen von pflanzlichem Bewuchs bleibt wiederum nicht ohne Auswirkungen auf die Flussfauna. Zudem leiden die Wasserlebewesen massiv unter der Unterbrechung des Fließgewässerkontinuums. Die Stau-mauern der Kraftwerke zerlegen einen Fluss in einzelnen Ab-schnitte und verhindern sehr effektiv die Wanderung und Ausbrei-tung von Organismen.

### Nährstoffreich und artenarm

Die Nutzung des Wassers durch den Menschen ist in der Regel auch mit einer Wasserbelastung und -verschmutzung verbunden. Auf einen solchen Eintrag von Schadstoffen reagieren Süßwas-serökosysteme unterschiedlich sensibel. Denn die Selbstrei-nigungskraft eines Gewässers hängt in erster Linie vom Sauerstoff-gehalt des Wassers ab. Verglichen mit Stillgewässern besitzen Fließgewässer aus diesem Grund ein deutlich höheres Selbstrei-nigungspotential, da der Eintrag von Luftsauerstoff durch die Bewe-gung des Wassers größer ist. Zudem führen sie als Transport-systeme Schadstoffe entsprechend der kurzen Aufenthaltszeit des Wassers rasch wieder ab.

Diese hohe biologische Selbstreinigungskraft der Fließgewässer machte sich der Mensch seit alters her zunutze. Nicht umsonst

### Fischreiche Donau?

Der Fischreichtum der Donau ist in ganz Europa unübertroffen: 60 verschiedene Fischarten – von den strömungsliebenden Fischen des Hauptstroms bis hin zu den Stillwasserformen der Augewässer – leben allein im österreichischen Abschnitt des Donaustroms. Der Grund dafür ist zum einen die geographische Lage der Donau als Verbindungsachse zwischen Ost und West; zum anderen bietet (oder besser bot) der Strom eine breite Vielfalt an unterschiedlichen Lebensräumen. Allerdings soll dieses außergewöhnlich breite Artenspektrum nicht über die Auswirkungen menschlicher Eingriffe am Strom hinwegtäuschen: Viele Arten kommen heute nur noch in Restbeständen vor, und manche sind akut vom Aussterben bedroht. Tatsächlich ausgestorben ist zwar bislang „nur“ die Familie der Störe (mit Ausnahme des Sterlets), aber auch die Bestände ursprünglich häufiger Fischarten sind zumindest lokal dramatisch geschrumpft. Selbst Fische wie die Nase oder der Nerfling, die einst in riesigen Schwärmen die österreichische Donau bevölkerten, sind heute abschnittsweise schon sehr selten. Insgesamt steht mehr als die Hälfte aller Donaufische heute auf der Roten Liste der gefährdeten Arten.



**Störe zählen mit einem stammesgeschichtlichen Alter von mehr als 250 Millionen Jahren zu den ertümlichsten Wirbeltieren der Erde. Mit einer Länge von bis zu acht Metern gehören sie außerdem zu den größten Fischen der Welt. In der Donau bildeten Störe früher einen regulären Bestandteil der Fischfauna und spielten auch eine wichtige Rolle in der Fischerei. Heute dagegen findet man im Oberlauf der Donau als einzigen Vertreter der ursprünglich sechs Störarten nur noch den Sterlet, der permanent im Süßwasser lebt. Die sogenannten anadromen Störarten dagegen (also jene Störe, die den Großteil ihres Lebens im Meer verbringen und nur zum Ablachen die Flüsse hinaufwandern), sind durch die Errichtung der Kraftwerke mittlerweile verschwunden.**

entstanden zahlreiche bedeutende Städte an Flüssen. Und solange die Abwasserlast die Selbstreinigungskraft nicht überstieg, war es den Fließgewässern möglich, sich wieder zu regenerieren: Durch organismische Aktivität wurden Fremdstoffe abgebaut, mineralisiert und wieder dem natürlichen Stoffkreislauf zugeführt; wann immer organische Abwässer in einen Fluss eingeleitet wurden, ent-

wickelten sich Millionen von Mikroorganismen, die diese Belastung eliminierten. Aus diesem Grund waren die europäischen und nordamerikanischen Flüsse bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts trotz fehlender Kläranlagen vergleichsweise gering belastet. Doch das stark steigende Bevölkerungswachstum, die Entstehung großer Ballungszentren und die zunehmende Industrialisierung führten

**Der Großteil der oberösterreichischen Seen weist ein durchschnittliches Nährstoffniveau und in der Folge auch ein durchschnittliches Arteninventar auf. Nährstoffarme Seen (wie hier zum Beispiel der Attersee im Salzkammergut) sind daher von besonderer Bedeutung: Hier findet man eine reiche Fauna und Flora mit einer großen Zahl seltener Arten.**



dazu, dass die Schadstoffkonzentration massiv anstieg. Heute sind die Süßwasserökosysteme der Welt durch vielfältige Stoffeinträge zum Teil stark belastet. Neben organischen und anorganischen Restbelastungen aus Kläranlagen handelt es sich dabei unter anderem um Düngemittel (allem voran Phosphor- und Stickstoffverbindungen), um Schädlingsbekämpfungsmittel, um Schwefel- und Stickoxide sowie um Schwermetalle. Die Wirkungen dieser Stoffe sind ebenso dramatisch wie vielfältig. Neben direkten toxischen Effekten auf aquatische Lebewesen kommt es zu einer Versauerung und einer Überdüngung der Gewässer. Diese Überdüngung (die sogenannte Eutrophierung), die man vor allem an Stillgewässern beobachten kann, zählt zu den größten Umweltproblemen unserer Zeit. Denn eine Zunahme der Nährstoffe im Wasser führt nicht, wie man vielleicht meinen könnte, zu einem Anstieg der Artenvielfalt. Im Gegenteil: In nährstoffarmen Gewässern kommen bestimmte Artengruppen vor, die hohe Ansprüche an ihren Lebensraum stellen und die bei einer Verschlechterung der Wasserqualität sehr schnell verschwinden. Zunächst kommt es aufgrund des Überangebotes von Nährstoffen



**Großmuscheln waren in den Still- und Fließgewässern Österreichs einst weit verbreitet. Mittlerweile sind ihre Bestände massiv zurückgegangen. Viele Muscheln stellen hohe Ansprüche an die Wasserqualität. Auf Wasserverschmutzung und Veränderungen reagieren sie ausgesprochen sensibel.**

zu einem übermäßigen Wachstum der Wasserpflanzen. Allem voran das pflanzliche Plankton vermehrt sich massiv. Der Algent Teppich in der obersten Wasserschicht kann so dicht werden, dass sich der Lichteinfall verringert; die Tauchblattpflanzen können keine Photosynthese mehr betreiben und sterben ab. Das abgestorbene Material (höhere Pflanzen und Algen) sammelt sich in großer Menge auf dem Gewässergrund. Bei der mikrobiellen Zersetzung dieser pflanzlichen Biomasse wird übermäßig viel Sauerstoff verbraucht. Der daraus resultierende Sauerstoffmangel, der durch die Überdüngung verursacht wird, ist die eigentliche Katastrophe. Fische und andere Wasserlebewesen ersticken. Sinkt der Sauerstoffgehalt unter ein bestimmtes Mindestmaß, können aerobe Bakterien (also Bakterien, die auf Sauerstoff angewiesen sind) die organischen Abfälle nicht länger abbauen. Diese Aufgabe wird nun von anaeroben Bakterien übernommen, die für ihren Stoffwechsel keinen Sauerstoff benötigen. Diese vermehren sich stark und dominieren schließlich die Prozesse in dem Gewässer. Beim Abbau von organischer Substanz unter anaeroben Verhältnissen bilden sich giftige Stoffe wie zum Beispiel Ammoniak, Schwefelwasserstoff oder Methan. Nur noch sehr wenige Arten können jetzt überleben. Das Gewässer kippt um.

### Problematische Neuzugänge

Die aquatischen Lebensgemeinschaften in Fließ- und Stillgewässern haben durch menschliche Eingriffe stark gelitten – und zwar nicht nur durch Überdüngung, Regulierungen oder den Bau von Kraftwerken. Der Mensch hat überdies die Zusammensetzung von Flora und Fauna verändert. Gebietsfremde Arten wurden teils absichtlich in heimische Gewässer eingebracht, teils unabsichtlich importiert – und das bereits seit vielen hundert Jahren: Schon während der Römerzeit wurde beispielsweise der ursprünglich aus Asien stammende Karpfen in ganz Europa verbreitet. Und während des Mittelalters setzten Mönche den als Speisefisch geschätzten Seesaibling in Gewässern aus, in denen er ursprünglich nicht vorkam. Im 20. Jahrhundert schließlich bürgerte man im großen Stil Krebse und rasch wachsende Fische in den heimischen

### Arzneimittel und kranke Fische

Arzneimittel-Wirkstoffe gelangen kontinuierlich in unglaublich großen Mengen in unsere Umwelt – allem voran in die Gewässer. Dies ist problematisch, da es sich oftmals um biologisch hochaktive Stoffe handelt, die zudem schlecht abbaubar sind. Die am häufigsten verschriebenen Arzneimittel in der Humanmedizin sind Entzündungshemmer, Asthmamittel und Psychotherapeutika. In der Veterinärmedizin dagegen spielen Antibiotika, Antiparasitika, Entzündungshemmer sowie hormonell wirksame Substanzen die Hauptrolle. Viele dieser Wirkstoffe werden vom menschlichen bzw. tierischen Körper unverändert wieder ausgeschieden. So gelangen jedes Jahr Tonnen davon mit dem Abwasser in Fließ- und Stillgewässer oder werden mit Mist und Gülle in die Umwelt eingetragen. Viele dieser Substanzen greifen gezielt in die Regelungsmechanismen von Organismen ein – etwa indem sie Stoffwechselforgänge oder den Hormonstatus verändern.



**Die heimische Fischfauna leidet bereits heute massiv unter dem Eintrag von Arzneimittel-Wirkstoffen in die Gewässer: Schmerzmittel schädigen die inneren Organe der Fische. Und synthetische Hormone aus der Antibaby-Pille beeinträchtigen schon in sehr niedriger Konzentration ihre Reproduktion.**

## Verschmutzt, verbaut, verändert

### Glasklar oder grünlich trüb

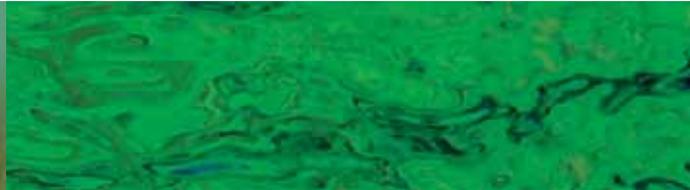
Seen unterscheiden sich in ihrem Nährstoffangebot und damit auch in ihrer Produktivität. Nach der Intensität der Primärproduktion (der Produktion von Biomasse mittels Fotosynthese) werden verschiedene Trophie-Stufen unterschieden: **Oligotrophe Seen** (Trophie-Stufe I) sind nährstoffarm. Das Pflanzenwachstum ist daher begrenzt. Das Plankton ist artenreich aber arm an Individuen. Die Sauerstoffsättigung ist ganzjährig hoch. **Mesotrophe Seen** (Trophie-Stufe II) bilden den Übergang zwischen nährstoffarmen und nährstoffreichen Seen. Sie enthalten bereits etwas mehr Nährsalze und damit auch eine größere Menge an pflanzlichen und tierischen Bewohnern. Der Sauerstoffgehalt in tieferen Wasserschichten kann während der Sommerstagnation gering sein. **Eutrophe Seen** (Trophie-Stufe III) enthalten viele Nährstoffe. Entsprechend hoch ist die Biomasseproduktion. Durch die hohe Planktondichte ist die Sichttiefe gering. Die Algen verleihen dem Wasser eine grünlich-braune Färbung. Durch die hohe Fotosynthese-Rate ist das Oberflächenwasser mit Sauerstoff übersättigt. Im Tiefenwasser dagegen herrscht Sauerstoffmangel. Am Gewässergrund sammelt sich eine dicke Schicht aus Faulschlamm. **Hypertrophe Seen** (Trophie-Stufe IV) werden umgangssprachlich als „umgekippt“ bezeichnet. Sie sind durch ein übermäßiges Nährstoffangebot und das weitgehende Fehlen von Sauerstoff in den bodennahen Wasserschichten gekennzeichnet. Sie enthalten sehr viel abgestorbenes Material, das sich in oft meterdicken Faulschlammsschichten am Gewässergrund ablagert. Nur sehr wenige Arten können in den oberflächennahen Schichten überleben.



**Nährstoffarme (oligotrophe) Seen sind heute bereits selten. Man findet sie vor allem im Gebirge. Ihr Wasser ist typischer Weise klar und blau. Im Flachland dagegen sind die Seen häufig nährstoffreich (eutroph). Ihr Wasser ist durch die hohe Dichte des pflanzlichen Planktons trübe und grünlich-braun.**



**Sämtliche Trophie-Stufen kommen auch unter natürlichen Bedingungen vor. Die Eutrophierung eines Sees ist Teil seines natürlichen Alterungs- bzw. Verlandungsprozesses. Durch menschliche Aktivitäten (sprich durch die vermehrte Zufuhr von Nährstoffen) wird dieser Prozess heute jedoch massiv gefördert. Oft sind Algenblüten die Folge eines überreichen Nährstoffangebots.**



**Die Wasserspest stammt ursprünglich aus Nordamerika. Mitte des 19. Jahrhunderts wurde sie nach Europa eingeschleppt, wo sie sich rasant ausbreitete. Sie besiedelt künstliche und natürliche Stillgewässer, aber auch langsam fließende Bäche und Flüsse. Häufig bildet sie ausgedehnte „Unterwasserwälder“. Sie verdrängt heimische Arten und verstopft bisweilen sogar Staustufen und Wehre.**

**Die Wandermuschel (auch Zebra- oder Dreikantmuschel genannt) erreichte Österreich vom Schwarzmeerraum aus in mehreren Einwanderungswellen. Sie besiedelt Flüsse und Seen und bildet dichte Bestände von bis zu 100.000 Tieren pro m<sup>2</sup>. Häufig werden auch heimische Großmuscheln, wie zum Beispiel Fluss- oder Teichmuschel, überwuchert. Diese werden durch den Aufwuchs in den Schlamm gedrückt und ersticken.**



**Der Anteil der gebietsfremden Fischarten liegt in Österreich mittlerweile bei 18%. Ein Großteil dieser Fische stammt aus der Schwarzmeerregion. So zum Beispiel auch die Schwarzmundgrundel, die mit Frachtschiffen flussaufwärts verschleppt wurde. Sie bildet in der Donau mittlerweile dichte Bestände in den künstlich angelegten Uferbereichen (Blockwurf).**

## Verschmutzt, verbaut, verändert

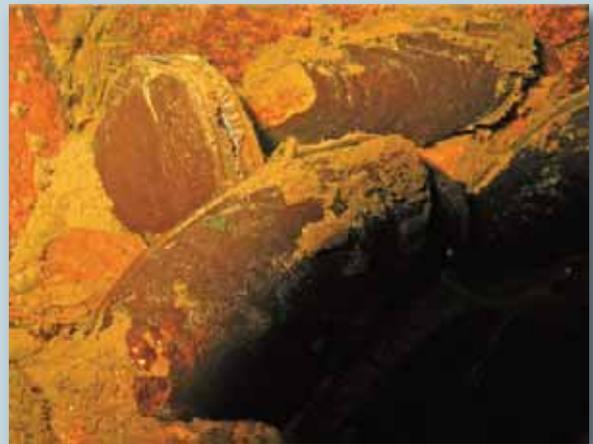


**Durch die Einbürgerung des ursprünglich aus Nordamerika stammenden Signalkrebse sind die österreichischen Krebsbestände akut bedroht. Der Signalkrebs (Bild) ist ein Überträger der sogenannten Krebspest. Während er selbst gegen diese Pilzkrankung resistent ist, ist sie für heimische Krebsarten wie Steinkrebs und Edelkreb tödlich.**

Gewässern ein, um die Nahrungsmittelversorgung der wachsenden Bevölkerung zu verbessern. Später kam dann der (fragwürdige) Gedanke auf, die heimische Natur durch die Einfuhr von fremden Arten „anzureichern“. Mittlerweile steht der Besatz aus wirtschaftlichen Motiven nicht länger im Vordergrund. Das Hauptproblem ist vielmehr die unabsichtliche Verschleppung von Pflanzen und Tieren durch den beständig zunehmenden Güter- und Personentransport, der für eine massive Floren- und Faunenverfälschung auch (und vor allem) in aquatischen Ökosystemen sorgt: Mit dem Ballastwasser von Frachtschiffen werden zahlreiche „blinde Passagiere“ in neue Regionen befördert, in denen sie sich etablieren können. Und durch die Schaffung neuer Wasserstraßen (wie zum Beispiel des Rhein-Main-Donau-Kanals, der seit den frühen 1990er Jahren das Schwarze Meer mit der Nordsee verbindet) werden ehemals getrennte Regionen miteinander verbunden und die Wan-

### Harte Schale, kostbarer Kern

Die Flussperlmuschel besiedelte noch vor wenigen Jahrzehnten in Massen die kalkarmen, sauerstoffreichen Bäche und Flüsse des Mühl- und Waldviertels. Mittlerweile sind die Bestände drastisch zurückgegangen und in den meisten Gewässern ist die Flussperlmuschel bereits ausgestorben. Dies liegt zum einen an ihren hohen Ansprüchen an die Wasserqualität, zum anderen an ihrem komplizierten Vermehrungszyklus. Flussperlmuscheln sind nämlich für ihre Fortpflanzung auf die Bachforelle angewiesen. Ihre winzigen Larven leben etwa ein Jahr lang parasitisch an den Kiemen dieses Fisches, bevor sie sich am Grund des Gewässers niederlassen. Durch die fischereiwirtschaftliche Besetzung der Gewässer mit Regenbogenforellen werden die Bachforellenbestände zurückgedrängt, und die Larven der Flussperlmuschel können sich nicht entwickeln.



**Die Flussperlmuschel ist vom Aussterben bedroht und gehört zu den am stärksten gefährdeten Süßwassermollusken Europas. Die Population in der Waldaist im oberösterreichischen Mühlviertel zählt zu den bedeutendsten Restvorkommen der Flussperlmuschel in Mitteleuropa.**

## Veränderte Fischfauna

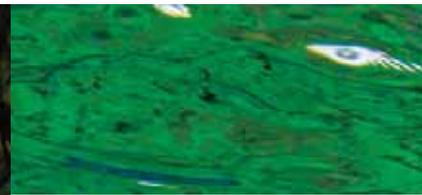
Durch Flussregulierung und Kraftwerksbau hat sich die Zusammensetzung der Fischfauna in vielen Flüssen Österreichs drastisch verändert. Teilweise haben die Fischbestände auch stark abgenommen. Seitens der Fischereiwirtschaft wird darauf häufig mit Besatzmaßnahmen reagiert – das heißt, um die Bestände zu stützen, werden zusätzliche Fische in das Gewässer eingebracht. Heute werden dabei zunehmend schon ökologische Gesichtspunkte berücksichtigt. Die Auswirkungen früherer Fehler sind jedoch immer noch spürbar. Denn nicht nur der Besatz mit fremden Faunenelementen wie Regenbogenforelle, Bachsaibling oder Graskarpfen geht zulasten der heimischen Fischfauna. Auch der Besatz mit heimischen Fischen weit entfernter Herkunft kann sich durch eine Veränderung des Genmaterials negativ auf das ökologische Gefüge auswirken.

**Durch den Besatz mit Regenbogenforellen (oben) und Bachsaiblingen (unten), die beide ursprünglich aus Nordamerika stammen, wurden die Bestände der heimischen Bachforelle dezimiert.**



der- und Ausbreitungstendenzen vieler Arten unterstützt. Während manche dieser Neuzugänge vergleichsweise harmlos sind, beeinträchtigen andere gebietsfremde Arten ganz massiv heimische Arten und Ökosysteme – etwa durch Konkurrenz, Raubdruck oder durch die Übertragung von Krankheitserregern und Parasiten. Verglichen mit terrestrischen Lebensräumen finden sich im Wasser sogar überproportional viele invasive Spezies, die eine Bedrohung für die heimische Tier- und Pflanzenwelt darstellen.

Und die starke Veränderung aquatischer Lebensräume durch den Menschen verschafft diesen Exoten mitunter einen entscheidenden Vorteil gegenüber den heimischen Arten. Darüber hinaus fördert der Klimawandel, der mittlerweile vor allem den heimischen Kaltwasser-Arten massiv zusetzt, die Ausbreitung gebietsfremder Eindringlinge. Da all diese Veränderungen unter Wasser jedoch deutlich schwieriger zu beobachten sind als an Land, bleiben sie oft lange Zeit unbemerkt.



**Bei der Renaturierung von Fließgewässern macht man sich die natürliche Eigendynamik von Bächen und Flüssen zunutze. Wenn man dem Gewässer nur genug Raum gibt, gestaltet es sein Flussbett neu. Schon nach kurzer Zeit können sich verlorene Lebensräume wieder bilden.**

## Gewässertherapie

Still- und Fließgewässer wurden über Jahrhunderte hinweg durch menschliche Aktivitäten stark geprägt und verändert. Heute ist man bemüht, weitere Belastungen möglichst zu vermeiden beziehungsweise belastete Gewässer wieder in einen naturnahen Zustand zurückzuführen.

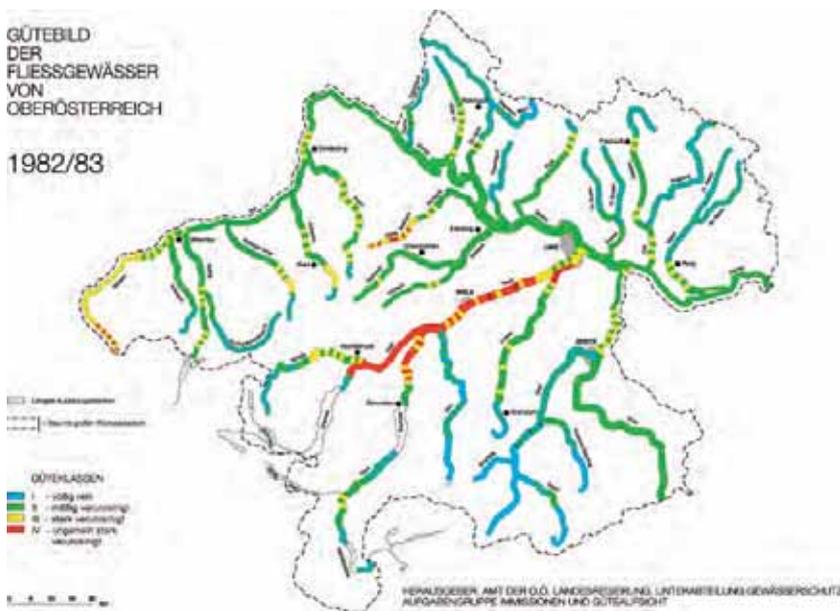
### Renaturierung von Bächen und Flüssen

Wird ein durch menschliche Einflüsse verändertes Gewässer durch (bauliche) Maßnahmen erneut in einen naturnahen Zustand zurückgeführt, bezeichnet man dies als „Renaturierung“. Ziel einer solchen Renaturierung ist es, aus Bächen und Flüssen wieder funktionstfähige Ökosysteme zu machen. Dazu muss zunächst der Eintrag von ungeklärten Abwässern sowie Schadstoffen aller Art (etwa aus intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen) so weit als möglich reduziert werden. Tatsächlich konnte die Wasserqualität vieler Bäche und Flüsse Mitteleuropas durch die Errichtung unzähliger neuer Kläranlagen während der vergangenen drei Jahrzehnte signifikant verbessert werden. In Österreich etwa weist der Großteil der Fließgewässer heute nur eine geringe bis mäßige Verunreini-



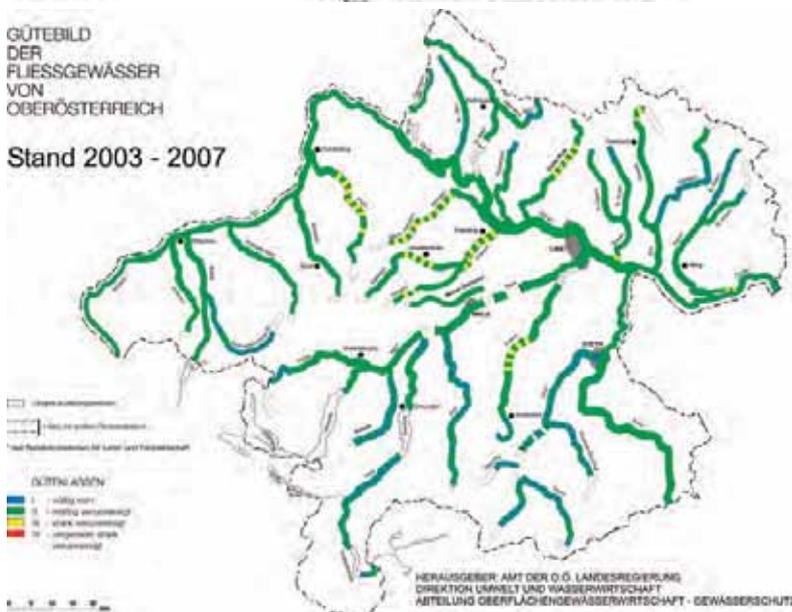
GÜTEBILD  
DER  
FLIESSGEWÄSSER  
VON  
OBERÖSTERREICH

1982/83



GÜTEBILD  
DER  
FLIESSGEWÄSSER  
VON  
OBERÖSTERREICH

Stand 2003 - 2007



**Die Gewässergüte der oberösterreichischen Flüsse hat sich seit den 1980er Jahren deutlich verbessert. Damals gab es noch Abschnitte mit der Gewässergüte IV (ungemein stark verunreinigt). Strengen Schutzbestimmungen und dem Bau zahlreicher Kläranlagen ist es zu verdanken, dass die Mehrzahl der Fließgewässer heute die Gewässergüte II (mäßig verunreinigt) aufweist.**

gung auf (Gewässergüte I, I-II oder II). Ganz anders verhält es sich dagegen mit der Gewässerstruktur:

Viele Fließgewässer befinden sich durch menschliche Eingriffe in einem strukturell verarmten, ausgesprochen naturfernen Zustand. Bäche und Flüsse wurden begradigt, verbaut und in einzelne Abschnitte zerstückelt – oft in Unkenntnis oder Ignoranz der ökologischen Folgen. Durch diese Eingriffe haben sich die Lebensbedingungen für aquatische Organismen signifikant verschlechtert, sodass der Artenrückgang bei Wasserlebewesen fünf Mal höher ist als bei Landlebewesen! Durch geeignete Renaturierungsmaßnahmen können Fließgewässer strukturell aufgewertet und der Artenschwund eingedämmt werden. Dazu ist es zunächst einmal nötig, dem Gewässer mehr Raum zu geben und die Lauflänge begradigter Flussabschnitte zu vergrößern. Dort, wo dies in unserer dicht besiedelten Kulturlandschaft nicht möglich ist, sollte zumindest die strukturelle Vielfalt des bestehenden Gewässerbettes erhöht werden – etwa durch die Einbringung von Strömungshindernissen (Totholz, Wurzelstöcke, Steine etc.) oder auch durch die Wiederherstellung von Engstellen und Aufweitungen, Furten und Kol-

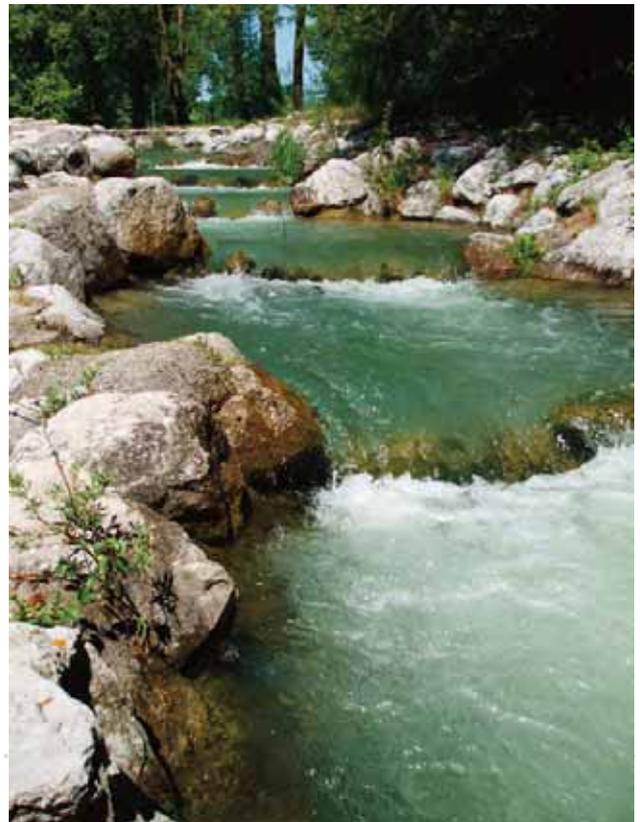
## Gewässertherapie

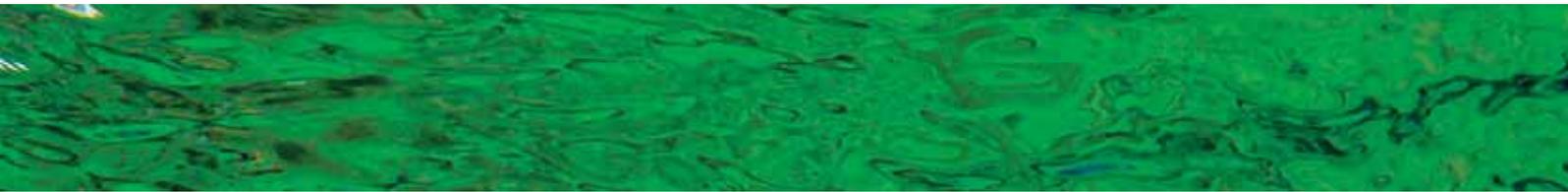


ken. Wenn zusätzliches Sohlenssubstrat eingebracht wird, sollte dieses allerdings stets dem Gewässer bzw. Gewässerabschnitt entsprechen. Bei Flüssen, die sich zu tief in das Substrat eingegraben haben, kann eine Anhebung der Gewässersohle die Aussicht auf eine erfolgreiche Renaturierung erhöhen – insbesondere, wenn auf diese Weise abgeschnittene Auebereiche wieder an das Gewässer angebunden werden. Durch das Schaffen bzw. Reaktivieren von Altarmen können außerdem wichtige Retentionsräume geschaffen werden. Doch nicht nur Auen, sondern auch Feuchtgebiete und Moore im Einzugsgebiet von Fließgewässern beeinflussen ganz wesentlich deren Abflussregime. Daher sollten Renaturierungsmaßnahmen wenn möglich auch stets diese vom Wasser geprägten Lebensräume mit einbeziehen. Ein besonderes Augenmerk muss außerdem dem Übergangsbereich zwischen Wasser und Land gelten. Uferbefestigungen sollten wenn möglich beseitigt, oder zumindest teilweise geöffnet werden. Denn abwechslungsreiche Ufer mit unterschiedlicher Hangneigung sowie Ufersäume mit Röhrichten, Stauden und Bäumen bieten einer großen Zahl von Arten einen geeigneten Lebensraum. Darüber hinaus ist es von größter Wichtigkeit, das Gewässerkontinuum wieder herzustellen. Querbauten wie Staumauern und Wehre sind unüberwindbare Hindernisse, die die

**Natürliche Fließgewässer und die sie begleitenden Auen bilden einen höchst effektiven Hochwasserschutz. Sie können große Wassermengen zurückhalten und kurzfristige Schwankungen des Wasserstands puffern. Dadurch kommt es deutlich seltener zu Überschwemmungen.**

**Fischaufstiegshilfen (auch Fischtreppen genannt) ermöglichen es Fischen und anderen aquatischen Organismen, bauliche Hindernisse zu umgehen. Auf diese Weise stellen sie das Fließgewässerkontinuum zumindest teilweise wieder her. Für die arttypischen Wanderungen von Fischen und anderen Wasserlebewesen und den Austausch zwischen den einzelnen Populationen ist dies von großer Wichtigkeit.**

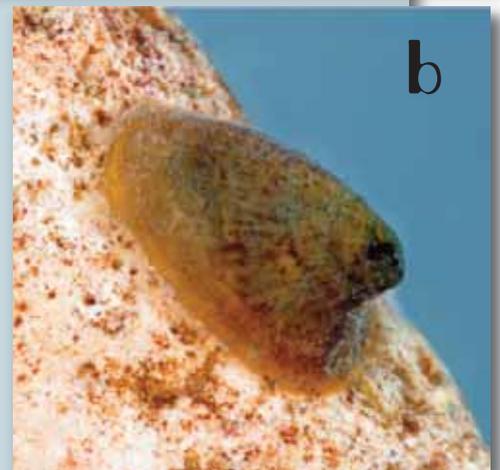




### Gewässergüte

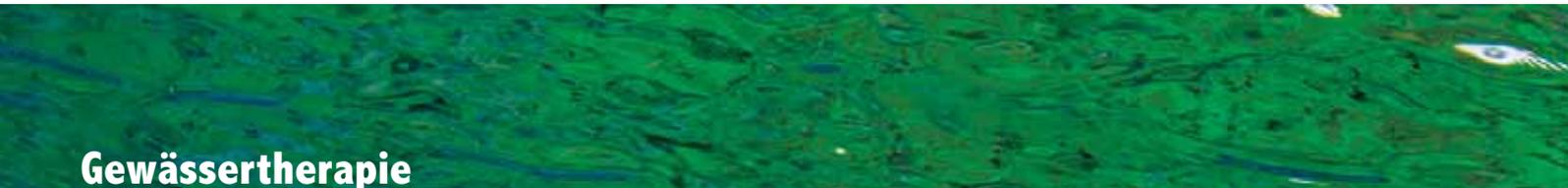
Das System der Gewässergüte dient dazu, Fließgewässer in verschiedene Güteklassen einzuteilen – und zwar in Abhängigkeit von ihrem biologischen Verschmutzungsgrad. Dieser biologische Verschmutzungsgrad, also die Belastung eines Fließgewässers mit organisch abbaubarem Material, spiegelt sich unmittelbar in der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften wider. Das Vorkommen oder auch das Fehlen bestimmter Zeigerorganismen, die eng an bestimmte Umweltbedingungen gebunden sind, lässt daher Rückschlüsse auf die Qualität eines Gewässers beziehungsweise Gewässerabschnittes zu und erlaubt eine Zuordnung zu einer bestimmten Güteklasse. In Österreich erfolgt eine Einteilung der Fließgewässer in insgesamt vier derartige Güteklassen, von Güteklasse I (für unbelastete bis sehr gering belastete Gewässer) bis hin zu Güteklasse IV (für übermäßig verschmutzte Gewässerabschnitte). Erklärtes Ziel der österreichischen Gewässerschutzpolitik ist es jedoch, die Gewässergüte stark verunreinigter Fließgewässer wieder auf Güteklasse II anzuheben. Jene Gewässer dagegen, die eine bessere Güteklasse aufweisen, sollen außerdem unbedingt in diesem Zustand erhalten bleiben.

**Die Donau weist heute wieder in beinahe ganz Österreich die Güteklasse II auf. Die Lebensgemeinschaften von Gewässern mit der Güteklasse II zeichnen sich durch eine große Artenvielfalt und eine hohe Individuendichte aus. Zu den Zeigerorganismen, die eine Zuordnung zur Güteklasse II erlauben, zählen zum Beispiel der Bachflohkrebs (a), die Flussnapfschnecke (b) oder die Große Mondalge (c).**



Wanderung und Ausbreitung von Wasserlebewesen unterbinden. Durch Errichtung von Fischaufstiegshilfen und Umgehungsgerinnen kann die ursprüngliche Durchgängigkeit zumindest teilweise wieder geschaffen werden. Im Bereich von Wasserkraftwerken sollten außerdem die schädlichen Auswirkungen der unnatürlichen großen

Wasserstandsschwankungen (Schwall und Sunk) minimiert werden. Und wo immer einem Bach oder Fluss Wasser entnommen wird, sollte man sich an den lokalen Gegebenheiten orientieren, sodass auch bei Niedrigwasser eine ausreichende Abflussmenge gewährleistet ist. Bisweilen kann es auch nötig sein, im Rahmen der



## Gewässertherapie

Renaturierung eines Gewässers, ursprüngliche Tier- und Pflanzenarten wieder anzusiedeln. Auf die eigentlichen Renaturierungsmaßnahmen müssen in der Regel weitere Maßnahmen zur Pflege und zur Überwachung eines Gewässers folgen. Ziel sollte es jedoch sein, dem Fließgewässer seine eigene dynamische Entwicklung zu ermöglichen. Im besten Fall kann ein Gewässer auf diese Weise in einen ähnlichen Zustand versetzt werden, wie er vor der Störung durch den Menschen bestanden hat. Doch eine solche Renaturierung ist ausgesprochen kostenintensiv und dazu enorm zeitaufwändig. In Österreich etwa wird es – bedingt durch das Ausmaß der Beeinträchtigungen – noch Jahrzehnte dauern, bis sich die Fließgewässer und mit ihnen die aquatische Flora und Fauna wieder einigermaßen erholt haben.

### Schadensbehebung an Stillgewässern

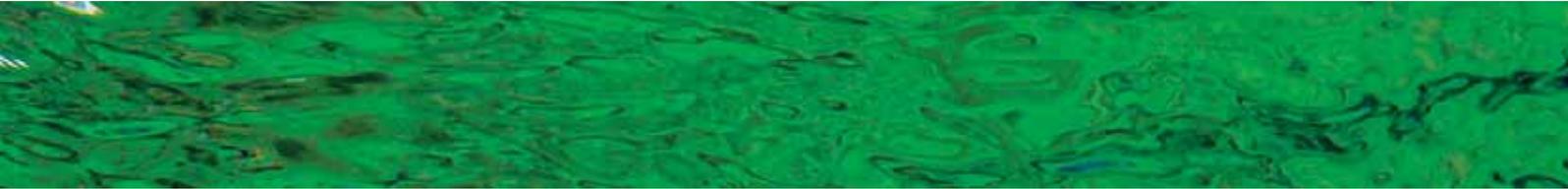
Durch den übermäßigen Eintrag von Nährstoffen (vor allem von Nitraten und Phosphaten), wurde das ökologische Gleichgewicht vieler Seen empfindlich gestört. Heute ist man bemüht, den Zustand der Stillgewässer zu verbessern – wobei geeignete Maßnahmen je nach Belastung eines Sees sehr unterschiedlich und mitunter ausgesprochen aufwändig sein können. Denn aufgrund der hohen Verweilzeit des Wassers tritt eine merkliche Verbesserung des ökologischen Zustandes meist nur sehr langsam ein.

Am Beginn jeder Stillgewässertherapie stehen verschiedene **Sanierungsmaßnahmen**. Diese greifen nicht in das innere Gefüge eines Stillgewässers ein, sondern zielen vor allem auf sein Umfeld ab. Denn für die Gesundheit eines Sees ist die Reduktion externer Belastungen stets der erste und wichtigste Schritt. Um dies zu erreichen, muss sowohl die direkte als auch die indirekte Einleitung belastender Stoffe in das Gewässer unterbunden werden (etwa durch die Renaturierung von Zuflüssen, durch die Errichtung einer Ringkanalisation, durch die Abwasserbehandlung in Kläranlagen und durch das Einleiten des geklärten Wassers unterhalb des Seeabflusses). Von besonderer Wichtigkeit ist außerdem die Reduktion der Stoffeinträge aus angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen, die heute den überwiegenden Anteil der Gewässerbelastungen und

-verunreinigungen ausmachen. Dies kann etwa durch eine Verringerung des Dünger- und Gülleinsatzes geschehen, durch die Umstellung auf Grünlandbewirtschaftung sowie durch die Ausweisung ausreichend breiter Gewässerrandstreifen, die nicht landwirtschaftlich genutzt werden dürfen. Zudem lässt sich die Selbstreinigungskraft eines Stillgewässers und damit die Wasserqualität verbessern, indem man die Ufer möglichst naturnah gestaltet. Wo immer es möglich ist, sollten daher auch harte Verbauungen entfernt werden, welche die ökologisch wertvolle Übergangszone zwischen Wasser und Land massiv beeinträchtigen.

Bisweilen kann ein Stillgewässer aber nicht durch Sanierung allein wieder in einen ökologisch wünschenswerten Zustand zurückgeführt werden. In einem solchen Fall müssen – flankierend zu den Sanierungsmaßnahmen – verschiedene **Restaurierungsmaßnahmen** zum Einsatz kommen. Welche Maßnahmen sinnvoll sind, muss dabei in jedem einzelnen Fall entschieden werden. So kann es zum Beispiel notwendig sein, den Sauerstoffgehalt des Wassers zu erhöhen. (Etwa durch eine Belüftung von Oberflächen- oder Tiefenwasser, durch eine Ableitung von Tiefenwasser und ein damit einhergehendes Absenken der Sprungschicht oder auch durch eine künstlich herbeigeführte Zirkulation.) Wenn dagegen die Reduktion des Nährstoffeintrags im Zuge der Sanierung nicht den gewünschten Erfolg gebracht hat, kann es nötig sein, die Nährstoffkonzentration im Freiwasser zu verringern oder eine Rücklösung von Nährstoffen aus dem Sediment zu unterbinden. (Ersteres lässt sich zum Beispiel durch eine chemische Fällung erreichen; zweites dagegen durch Entfernen, Belüften oder Abdecken des Sedimentes.)

Eine weitere Möglichkeit zur Wiederherstellung des ökologischen Gleichgewichts ist die sogenannte Biomanipulation. Dabei greift der Mensch in die Lebensgemeinschaft eines Stillgewässers ein, indem er manche Arten fördert, andere dagegen in ihrem Bestand dezimiert. Zu diesen Maßnahmen, die stets auch eine massive Veränderung der aquatischen Nahrungsnetze nach sich ziehen, zählen zum Beispiel gezielte Befischung oder Besatz. Mitunter wird auch der Wasservogelbestand reguliert, um den Nährstoffeintrag zu



**Der Bodensee gilt als Musterbeispiel für eine erfolgreiche Gewässersanierung. Durch die Einleitung von Abwässern hatte seine Wasserqualität stark gelitten, bis der See in den 1970er Jahren umzukippen drohte. Heute ist die Wasserqualität durch den strengen Gewässerschutz wieder so gut wie in den 50er Jahren. Doch die Sanierungsmaßnahmen kamen den Anrainerstaaten im wahrsten Sinne des Wortes teuer zu stehen: Sie dauerten fast 40 Jahre und kosteten mehr als 3,7 Milliarden Euro!**

**Nicht immer sind Renaturierungsmaßnahmen von Erfolg gekrönt. Die ursprünglich aus Südostasien stammenden Graskarpfen und Silberkarpfen (Bild) zum Beispiel wurden ursprünglich importiert, um das unkontrollierte Wachstum der Wasserpflanzen in nährstoffreichen Seen einzudämmen. Häufig jedoch verschlechterte sich die Qualität der Seen durch den Besatz mit den pflanzenfressenden Fischen noch weiter. Denn die von den Karpfen verdauten und ausgeschiedenen Pflanzenreste kurbelten die Eutrophierung zusätzlich an.**



**Die mechanische Entfernung höherer Wasserpflanzen wird als Entkrautung bezeichnet. Es handelt sich hier um eine Pflegemaßnahme, die vornehmlich dazu dient, bessere Bedingungen für die Freizeitnutzung eines Stillgewässers (Baden, Angeln etc.) zu schaffen. Bisweilen zielt diese Maßnahme auch darauf ab, einer verstärkten Sedimentbildung entgegenzuwirken oder saisonale Sauerstoffdefizite zu vermeiden.**

## Gewässertherapie

verringern. Zudem versucht man das übermäßige Pflanzenwachstum in nährstoffreichen Seen durch wuchshemmende Mittel oder durch Entkrautung (also die mechanische Entfernung von Wasserpflanzen) in den Griff zu bekommen. Doch unabhängig davon, welches Verfahren schlussendlich zum Einsatz kommt: Restaurierungsmaßnahmen sind stets mit einem massiven Eingriff in das Ökosystem See verbunden. Jeder Renaturierung muss daher eine detaillierte Analyse des Ist-Zustandes und der Belastungsursachen vorangehen. Denn nur so lässt sich mit einem möglichst geringen ökonomischen Aufwand die größtmögliche positive ökologische Wirkung erzielen.

### Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie

Im Jahr 2000 trat die Europäische Wasserrahmenrichtlinie in Kraft, durch welche die europäische Wasserpolitik tiefgreifend reformiert wurde. Drei Jahre später wurde die Wasserrahmenrichtlinie in Österreich durch die Novelle des Wasserrechtsgesetzes 1959 in nationales Recht überführt. Durch die Wasserrahmenrichtlinie soll der rechtliche Rahmen für die Wasserpolitik innerhalb der Europäischen Union vereinheitlicht werden. Neben einer nachhaltigen und umweltverträglichen Nutzung steht allem voran der länderübergreifende Schutz der Gewässer im Vordergrund. Wasser wird nicht länger nur als Verbrauchsgut angesehen, sondern die Gewässer werden als Lebensräume in ihrer Gesamtheit betrachtet, deren ökologische Funktionsfähigkeit es zu erhalten gilt. Mit einbezogen in diese Betrachtung werden auch Landökosysteme und Feuchtgebiete, die von den Gewässern abhängig sind.

Konkret verfolgt die Wasserrahmenrichtlinie das Ziel, einen „guten Zustand“ für alle Gewässer in der Gemeinschaft bis zum Jahr 2015 (mit Ausnahmen bis zum Jahr 2027) zu erreichen und zu erhalten. Ein solcher „guter Zustand“ wird dabei als ein Zustand definiert, der von einem sehr guten – also weitgehend vom Menschen unbeeinflussten – Zustand nur geringfügig abweicht. Für Oberflächengewässer ist dies gleichbedeutend mit einem „guten ökologischen und chemischen Zustand“. (In einem guten Zustand befinden sich also Still- und Fließgewässer dann, wenn ihre Struktur, ihre Le-

bensgemeinschaft und ihre Wasserchemie nur geringfügig vom Menschen beeinflusst sind.) Das Grundwasser dagegen muss laut der Wasserrahmenrichtlinie der EU einen „guten chemischen und mengenmäßigen Zustand“ erreichen – sprich, die chemischen Inhaltsstoffe dürfen vom Menschen nur geringfügig beeinflusst sein, und die Wasserentnahme darf die Grundwasserneubildung nicht überschreiten. Bei erheblich veränderten oder künstlich angelegten Gewässern wie zum Beispiel Stauseen, kann aufgrund der Nutzung durch den Menschen keine nennenswerte Verbesserung des ökologischen Zustandes erreicht werden; in diesem Fall wird anstatt eines „guten Zustandes“ ein „gutes ökologisches Potential“ als Ziel angestrebt. Zudem gilt generell ein Verschlechterungsverbot. Das heißt, Gewässer bzw. Gewässerabschnitte, die in einem „guten“ oder „sehr guten Zustand“ sind (Kategorie I und II der insgesamt fünf Klassifizierungsstufen, für deren Bewertung es genaue Vorgaben gibt) dürfen nicht weiter verschlechtert werden. Und Gewässer oder Gewässerabschnitte, deren Zustand schlechter als „gut“ ist, müssen durch geeignete Sanierungs- und Renaturierungsmaßnahmen in einen „guten Zustand“ zurückversetzt werden.

**Wasser ist keine übliche  
Handelsware, sondern  
ein ererbtes  
Gut, das geschützt, verteidigt  
und entsprechend behandelt  
werden muss.**

*(Präambel 1 der Europäischen  
Wasserrahmenrichtlinie)*

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Kataloge des OÖ. Landesmuseums N.F.](#)

Jahr/Year: 2014

Band/Volume: [NS164](#)

Autor(en)/Author(s): Benedetter-Herramhof Andrea

Artikel/Article: [Unter.Wasser.Welt 1-73](#)