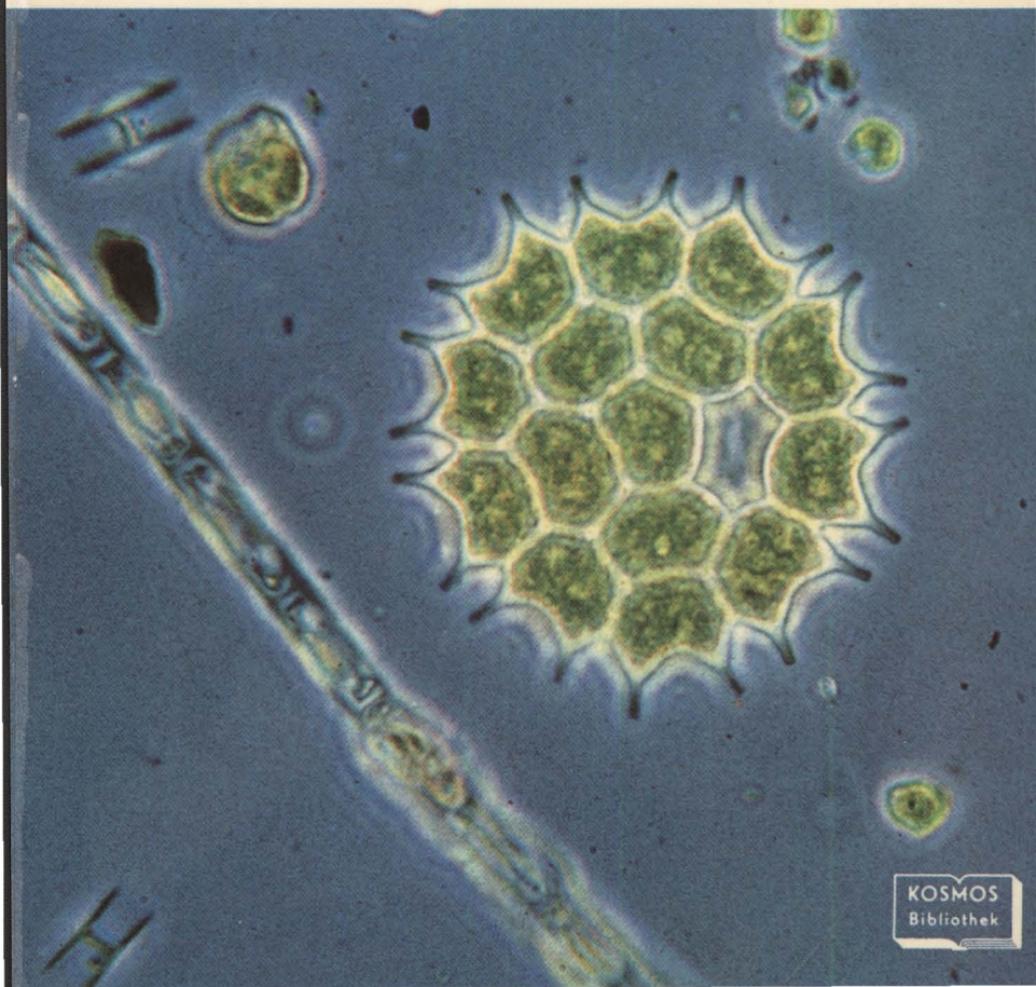


LEOPOLD SCHUA

# Lebensraum Wasser

GEHEIMNISSE IN EINER  
UNBEKANNTEN WELT



KOSMOS  
Bibliothek

KOSMOS-BIBLIOTHEK · BAND 268

Leopold und Roma Schua

---

# Lebensraum Wasser

Geheimnisse in einer unbekanntem Welt

---



Kosmos · Gesellschaft der Naturfreunde  
Franck'sche Verlagshandlung · Stuttgart

Umschlag von Edgar Dambacher unter Verwendung einer Aufnahme von Prof. Dr. Heinz Schneider.

Das Bild zeigt die Grünalge *Pediastrum*, das „Zackenrädchen“, im Phasenkontrast.

Mit 15 Fotos auf 8 Tafeln von Prof. Dr. Heinz Schneider.

44 Abbildungen im Text; davon 34 Zeichnungen von Maria Bertsch.

Die anderen Abbildungen stammen aus der Zeitschrift *Mikrokosmos* sowie aus Engelhardt, *Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher* und Matthes/Wenzel, *Wimpertiere*.

Die Bände der Kosmos-Bibliothek erschienen als Vierteljahres-Buchbeigaben der Monatshefte.

### **Kosmos — Bild unserer Welt**

Für die Bezieher (Mitglieder) des Kosmos bilden sie einen Bestandteil der Abonnements-Leistung.

Kosmos-Bibliothek 1970:

265: Braunbek, „Wenn selbst Atome einfrieren“ (Physik der tiefsten Temperaturen)

266: Pantenburg, „Das Porträt der Erde“ (Geschichte der Kartographie)

267: Kleemann, „Erbhygiene — kein Tabu mehr“ (Mit Erbkrankheiten leben)

268: Schua, „Lebensraum Wasser“ (Geheimnisse in einer unbekanntem Welt)

Über Veröffentlichungen, Bedingungen und Leistungen des Kosmos unterrichtet Sie jede Buchhandlung oder die Hauptgeschäftsstelle des „Kosmos“:

7 Stuttgart 1, Postfach 640.

Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co., Stuttgart · 1970

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe, der Übertragung in Bildstreifen und der Übersetzung, vorbehalten

© 1970, Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co., Stuttgart

LH 14 Ste · ISBN 3 440 00268 3 · Bestellnummer 0268 K · Printed in Germany

Gesamtherstellung: Konrad Triltsch, Graphischer Betrieb, Würzburg

<i>Lebensraum Wasser</i> . . . . .	7
Vom Blutsee zur Gewässerforschung . . . . .	7
Was ist Wasser? . . . . .	10
Das Wasser und die Entfaltung des Lebens . . . . .	10
Wo ist oben, wo unten? . . . . .	12
<i>Schwimmen und Schweben</i> . . . . .	15
Passives Schwimmen: Schweben . . . . .	15
Unterwasser-Luftballons . . . . .	20
Schwimmende Blätter . . . . .	21
Das Prinzip des Fallschirms — im Wasser angewendet . . . . .	23
Schwimmen: Aktive Bewegung . . . . .	25
Geißeln und Wimpern . . . . .	27
Schwimmen mit Muskelkraft . . . . .	29
Das Schlängeln . . . . .	32
Rudern . . . . .	38
Raketen — schon vor Millionen Jahren . . . . .	38
<i>Strömen, Wirbeln, Branden: Die Wasserbewegung</i> . . . . .	40
Fließgewässer . . . . .	40
Laminare und turbulente Strömung . . . . .	41
Tiere in Strömung und Turbulenz . . . . .	42
Reibungs- und Druckwiderstand . . . . .	45
Haften und Beschwerden . . . . .	48
<i>Atmung unter Wasser</i> . . . . .	49
Frischwasser ist lebensnotwendig . . . . .	52
Tier und Pflanze in Atmungssymbiose . . . . .	55
Wassertiere, die Luft atmen . . . . .	56
Eine uralte Erfindung: der Schnorchel . . . . .	58
Die Taucherglocke . . . . .	59
Luftparasiten . . . . .	60
Die Atmung der Wasserpflanzen . . . . .	61

<i>Licht im Wasser</i> . . . . .	62
Licht und Fortbewegung . . . . .	63
<i>Lebensraum und Anpassung: Das Grundwasser</i> . . . . .	64
Leben in ewiger Finsternis . . . . .	64
Eine Welt ohne Farbe . . . . .	65
Blinde Tiere im dunklen Lebensraum . . . . .	65
Im Grundwasser gibt es keine Uhr . . . . .	66
Wovon leben die Grundwasserorganismen? . . . . .	66
Das Grundwasser ist sauerstoffarm . . . . .	67
<i>Von der Quelle zum See</i> . . . . .	67
Die Quelle . . . . .	67
Das Wechselspiel von Kalk und Kohlensäure . . . . .	68
Lebensraum Quelle . . . . .	73
Der Quellbach . . . . .	73
Tiere, die Fallen stellen . . . . .	74
Fluß und See . . . . .	75
<i>Drei Siedlungsräume: Oberfläche, freies Wasser, Boden</i> . . . . .	76
Die Wasseroberfläche . . . . .	76
Spaziergang auf dem Wasserspiegel . . . . .	77
Benetzbare Tiere . . . . .	77
Das freie Wasser . . . . .	79
Der Gewässerboden als Siedlungsraum . . . . .	80
Festgewachsene und angeheftete Tiere . . . . .	80
Tiere, die in Kolonien leben . . . . .	82
Tiere, die mit dem Schlamm um die Wette wachsen . . . . .	82
Bohrende Tiere . . . . .	85
Grabende Tiere . . . . .	85
<i>Weiterführende Literatur</i> . . . . .	86
<i>Sachregister</i> . . . . .	87

Wenn wir von Tieren sprechen, so denken wir in erster Linie an die uns vertrauten Landtiere: Hasen und Rehe, Vögel, Eidechsen oder Frösche. Und unter „Pflanzen“ verstehen wir wiederum vor allem Landpflanzen: Bäume, Kräuter, Gräser.

Fremd ist uns dagegen das Wasser als Lebensraum, und doch finden wir gerade hier die absonderlichsten Tiergestalten und – unter den mikroskopisch kleinen Algen – die schönsten Formen, die das Pflanzenreich hervorgebracht hat.

Dieser Lebensraum Wasser, den der Nichtbiologe auch heute noch kaum zur Kenntnis nimmt, ist für uns Menschen ungeheuer wichtig, und wir werden ihm in Zukunft um so mehr Beachtung schenken müssen, je seltener und kostbarer reines, sauberes Wasser wird.

Das Wasser in unseren Seen, Flüssen, Bächen und Teichen ist viel mehr als nur  $H_2O$ , eine simple Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff. Es ist eine Lösung der verschiedensten organischen und anorganischen Stoffe, die ungeheuer vielfältiges Leben birgt. Die komplizierten Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Tieren, gelösten Gasen und Salzen, von Licht, Bodengrund- und Uferbeschaffenheit machen aus dem chemischen Lösungsmittel Wasser das, was wir „Gewässer“ nennen.

### *Vom Blutsee zur Gewässerforschung*

Im Jahre 1476 brachten die Schweizer Eidgenossen einem Burgunderheer unter KARL DEM KÜHNEN bei Wurten am Wurtensee eine vernichtende Niederlage bei. Die Legende berichtet, Flüsse und Seen seien damals tief rot vom Blut der erschlagenen Burgunder gewesen.

Diese Fabel hat sicher einen wahren Kern. Zwar hätte das Blut der Getöteten niemals ausgereicht, auch nur einen winzigen See rötlich zu tönen, aber wir kennen Mikroorganismen, die zuweilen in Gewässern in solcher Zahl auftreten, daß das Wasser sich tief grün färbt – oder auch blutig rot, wenn diese Organismen in ihren Zellen einen roten Farbstoff enthalten. Das „Burgunderblut“ aus dem Jahre 1476 war wahrscheinlich nichts anderes als ein Massenaufreten der fadenförmigen Blaualge *Oscillatoria*

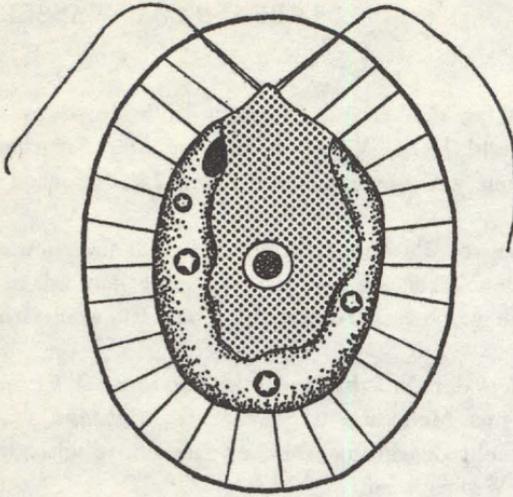


Bild 1: Eine einzellige Geißelalge, *Haematococcus pluvialis*, ruft häufig die Erscheinung des sogenannten Blutregens hervor.

*rubescens*, einer Alge, die auch heute in verschmutzten Seen des Voralpengebietes häufig vorkommt und die den bezeichnenden deutschen Namen Burgunderblutalge führt. Es gibt gar nicht wenige Mikroorganismen, die zur Erscheinung des „Blut-

sees“ führen können, und ehe das Mikroskop die Ursache klärte, mußte diese Erscheinung die Menschen zutiefst erschrecken. Zu wievielen Hexenverbrennungen mögen die harmlosen kleinen, rotgefärbten Algen geführt haben!

Von einer blutigen Verfärbung des Vulsinischen Sees rund 200 Jahre vor Christus berichtet uns schon der römische Schriftsteller PLINIUS. Aber erst nachdem vor rund 300 Jahren das Mikroskop erfunden worden war, konnten die ersten Gewässerforscher Aberglauben, Mythen und Sagen durch Wissen ersetzen.

Der erste bedeutende Gewässerforscher der Neuzeit war der Holländer ANTHONY VAN LEEUWENHOEK. Er lebte von 1632—1723; wir können ihn mit Recht den ersten Amateurmikroskopiker nennen, denn seinen Lebensunterhalt erwarb er sich als Kaufmann. LEEUWENHOEK baute seine Mikroskope selbst, schliiff sogar die Linsen dazu, und sowohl seiner Mikroskope wegen als auch wegen der ungeheuer vielen neuen Erkenntnisse, die er damit gewann, war er zu seiner Zeit ein weltberühmter Mann. Die Royal Society in London ernannte ihn zu ihrem Mitglied, der Zar PETER DER GROSSE ließ sich von ihm einen „Aalkieker“ verehren, ein von LEEUWENHOEK besonders konstruiertes Mikroskop, das es gestattete, im Schwanz von Jungaalen den Blutkreislauf zu beobachten.

LEEUWENHOEKS besondere Liebe gehörte den kleinen Tierchen, die er zu Tausenden in jedem Tropfen alten Wassers fand. Er hat diese „Animalcules“ so genau beschrieben und abgebildet, daß wir danach heute noch die Art bestimmen können, die LEEUWENHOEK vor sich hatte. Unser Bild 2 gibt davon einen Eindruck.

Noch 200 Jahre nach LEEUWENHOEK war die Erforschung der Gewässer

*Philos. Transact. N. 283.*

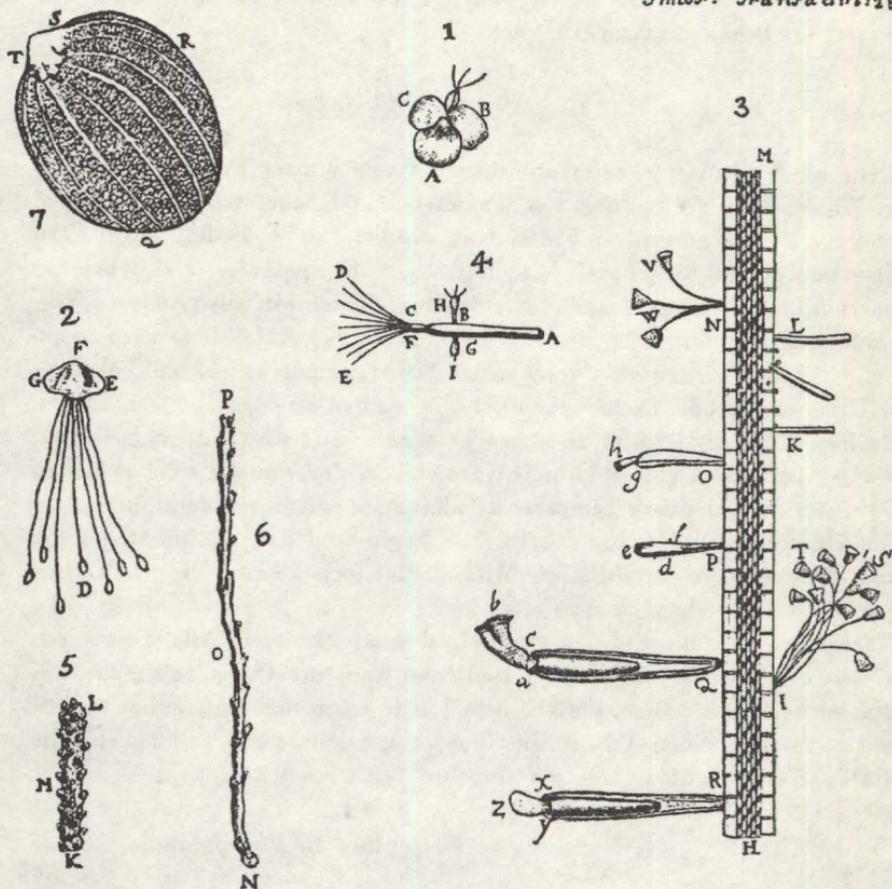


Bild 2: Eine von LEEUWENHOEKS Zeichnungen: Mikroorganismen, die er an den Würzelchen einer Wasserlinse fand.

und ihrer Organismen eine Domäne der Amateure, eine edle, aber als nutzlos angesehene Liebhaberei. Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Gewässerkunde, die Limnologie, zu einer eigenständigen Wissenschaft. Es entstanden limnologische Stationen und Forschungsinstitute, die sich ausschließlich dem Lebensraum Wasser widmeten. Heute wissen wir, daß unsere Zukunft zwar nicht, wie der letzte deutsche Kaiser behauptete, „auf dem Wasser liegt“, daß aber die Zukunft unserer Kinder und Enkel entscheidend davon abhängt, ob es uns gelingen wird, das Wasser als Lebensraum zu erhalten.

### *Was ist Wasser?*

Mehr als  $\frac{7}{10}$  unserer Erdoberfläche sind von Wasser bedeckt. Chemisch ist Wasser eine Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff, eine farblose, geschmack- und geruchlose Flüssigkeit, die bei  $100^{\circ}\text{C}$  siedet, bei  $0^{\circ}\text{C}$  zu Eis erstarrt und sich dabei ausdehnt. Diese Eigenschaft — sich bei Erstarrung auszudehnen — unterscheidet das Wasser von allen anderen Verbindungen auf der Erde, die sich bekanntlich bei Abkühlung zusammenziehen. Zwar wird auch das Wasser dichter, wenn es abkühlt, aber es erreicht seine größte Dichte schon bei  $4^{\circ}\text{C}$  und ist im erstarrten Zustand — als Eis — wieder leichter als flüssiges Wasser und schwimmt daher oben. Wasser ist zudem ein schlechter Wärmeleiter, der zum Beispiel in einem Gewässer nur langsame Temperaturänderungen zuläßt. So bleibt im Winter das Wasser unter dem Eis flüssig: Die Fische und Krebse, Insektenlarven und Würmer, die unzählbaren Mikroorganismen können die ungünstige Jahreszeit überstehen, ohne zu erfrieren.

Wasser ist das beste Lösungsmittel, das wir kennen. Alle Lebewesen nützen es daher als Transportmittel, und auch die Organismen, die das Wasser verlassen haben, die auf dem Lande leben und Luft atmen, haben gewissermaßen einen Vorrat von Wasser mit aufs Land genommen: die Blut- und Gewebeflüssigkeit, ein „inneres“ wäßriges Milieu.

### *Das Wasser und die Entfaltung des Lebens*

So fremd und unbekannt uns Menschen das Leben im Wasser erscheint, so sollten wir doch nicht vergessen, daß das Wasser der erste Lebensraum

auf der Erde überhaupt war. In ihm hat sich das erste organische Leben auf unserem Planeten entwickelt, und die allerältesten Lebewesen, die wir kennen, waren ausnahmslos Meeresbewohner, also Wasserlebewesen. Nur ein Viertel aller Pflanzen und Tiere, die wir heute kennen, sind auf dem Festlande entstanden. Die übrigen 75% entstanden im Wasser, und zwar 69% im Meer und nur 6% im Süßwasser. So wundert es uns nicht, daß wir im Meer einer weit größeren Zahl von Arten begegnen als im Süßwasser.

Viele Pflanzen und Tiere haben den Lebensraum Wasser während der ganzen Erdgeschichte nie verlassen. Zu diesen „primären Wasserorganismen“, deren Vorfahren stets nur Wasserbewohner waren, gehören zum Beispiel die Seeigel und Seesterne sowie die Krebse. Andere Tiere dagegen haben sich in der biologischen Vergangenheit gleich zweimal umgestellt: Sie wurden vom Wassertier zum Landtier und dann wieder vom Landtier zum Wassertier. Dazu gehören die Wale, von denen wir wissen, daß ihre Vorfahren auf dem Festland lebten. Solche „sekundäre Wasserorganismen“ haben oft beim Wiedererobern des Wassers ihre Körperform der der Fische angepaßt und ihre Beine, zumindest die Hinterbeine, rückgebildet. Keiner Art jedoch ist es gelungen, erneut zu einer dem Wasserleben entsprechenden Atmung durch Kiemen überzugehen. Sie alle atmen atmosphärische Luft durch die Lungen.

Das besondere Milieu Wasser bedingt besondere Anpassungen in Gestalt und Lebensweise. Wir können dies bei Pflanzen, die teilweise im Wasser, teilweise an der Luft leben, besonders gut studieren. Ein bekanntes Beispiel ist der Wasserhahnenfuß, eine Pflanze, deren untere Teile im Wasser stehen, deren obere aber über die Wasseroberfläche hinausragen. Die Unterwasserblätter sind beim Wasserhahnenfuß in viele kleine, schmale und sehr lange Teile zerschlissen; die Luftblätter dagegen haben breite, schaufelförmige Spreiten. Selbst bei einem einzelnen Blatt, das teils in der Luft steht, teils im Wasser schwebt, können wir diesen Unterschied feststellen: Der untergetauchte Teil des Blattes besteht aus vielen kleinen, schmalen Lappen; der über das Wasser hinausragende dagegen zeigt die breite, schaufelförmige Gestalt. Im Wasser ist also die Blattoberfläche wesentlich vergrößert (Bild 3).

Einige Landtiere „erinnern“ sich noch so deutlich an ihre Vergangenheit als Wassertiere, daß sie einen Teil ihrer Embryonal- und Larvenentwick-

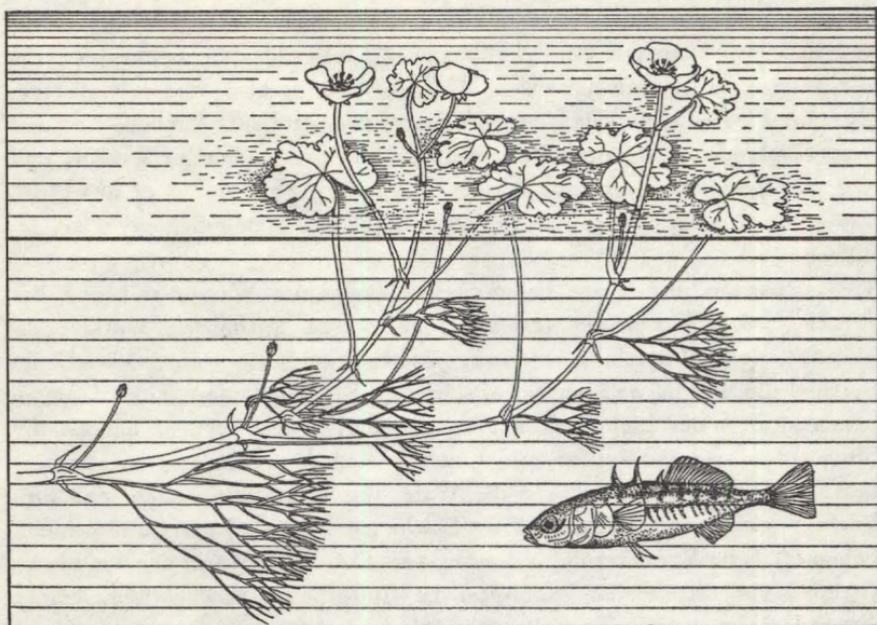


Bild 3: Der Wasserhahnenfuß, eine Pflanze, die sowohl im Wasser als auch über Wasser lebt, verändert die Form seiner Blätter in Anpassung an das umgebende Medium.

lung im Wasser durchleben. Dazu gehören zum Beispiel unsere Frösche und Kröten, die als Kaulquappen reine Wassertiere sind und mittels Kiemen atmen, also den im Wasser gelösten Sauerstoff aufnehmen können.

*Wo ist oben, wo unten?*

Uns Menschen scheint es nicht schwierig, stets zu wissen, wo oben und unten ist: Wir sehen es ja, und unser Gleichgewichts-Sinnesorgan im Innenohr meldet dem Gehirn in jeder Sekunde, welche Lage im Raum unser Körper gerade einnimmt. Freilich gilt das nur für uns gewöhnliche Sterbliche – bei Raumfahrern, die sich gerade im Zustand der Schwerelosigkeit befinden, kann das Gleichgewichts-Sinnesorgan keine Meldungen

erstatten. Es registriert nämlich die Richtung, in der die Schwerkraft jeweils wirkt.

Tiere und Pflanzen, die im Wasser schweben, sind für die Orientierung im Raum sehr häufig allein auf Schwere-Sinnesorgane angewiesen, da sie nicht ohne weiteres sehen können, was oben und was unten ist. Im freien Wasser fehlen sichtbare Anhaltspunkte, die diesen Lebewesen die Orientierung erleichtern könnten.

Viele kleine Planktonlebewesen schweben in irgendeiner Lage im Wasser; sie machen gar keinen Unterschied zwischen oben und unten. Dazu gehören zum Beispiel viele kleine Algen. Viele Planktonkrebse und Geißelalgen, die Licht wahrnehmen können, richten sich nach den Lichtverhältnissen und wandern je nach der Sonneneinstrahlung in höhere oder tiefere Schichten des Wassers.

Die meisten höher organisierten Tiere, wie zum Beispiel die Fische, schwimmen im Wasser gewöhnlich mit dem Bauch nach unten, dem Rücken nach oben. Diese Gleichgewichtslage steht bei den Fischen in enger Beziehung zur Schwimmblase: Liegt die Schwimmblase über dem Schwerpunkt des Körpers, so schwimmen die Fische in stabilem Gleichgewicht mit dem Bauch nach unten. Bei anderen Arten dagegen liegt der

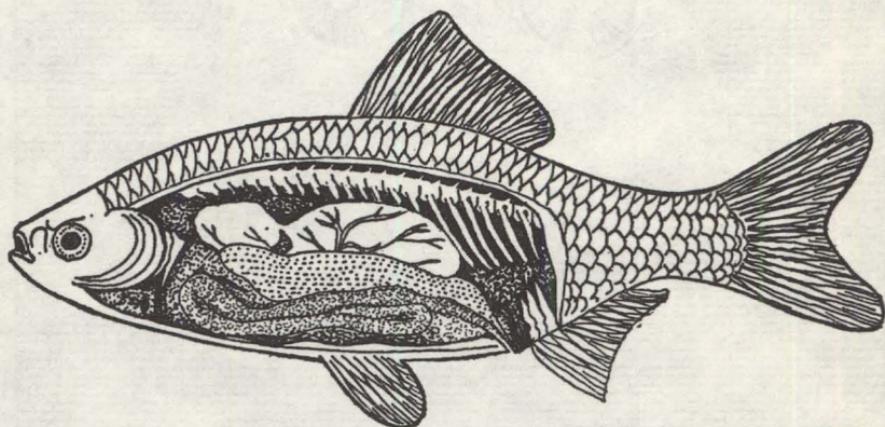


Bild 4: Ob ein Fisch im Wasser in stabilem oder labilem Gleichgewicht schwebt, hängt von der Lage seiner Schwimmblase ab. Beim Rotaugen, einem Karpfenfisch, ist die Schwimmblase zweigeteilt.

Schwerpunkt des Körpers über der Schwimmblase. Sie können ihre normale Lage nur durch ständige Flossenbewegung aufrecht erhalten. Stehen bei ihnen die paarigen Flossen (Bauch- und Brustflossen) still, so dreht sich der Fischkörper hilflos mit der Bauchseite nach oben, wie wir es bei Fischsterben beobachten können, wenn ins Wasser gelangte Gifte die Tiere lähmen.

Tiere, die sich nach der Schwerkraft richten, brauchen besondere Sinnesorgane, die ihnen melden, welche Lage sie gerade einnehmen. Unser Bild 5 zeigt ein typisches paariges Schwere-Sinnesorgan: Links und rechts im Tier sitzen zwei Bläschen, die sogenannten Statocysten. Sie sind von Zellen ausgekleidet, die feine Sinneshärchen tragen, und enthalten im Inneren einen festen Körper, das sogenannte Hörsteinchen. Das verhältnismäßig

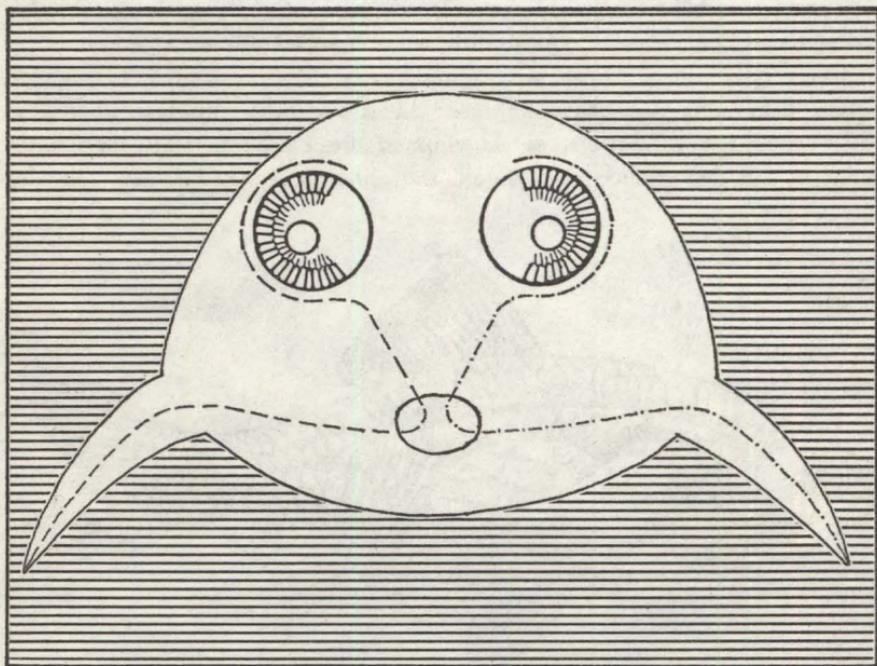


Bild 5: Prinzip eines Schwere-Sinnesorgans: Die schweren Steinchen drücken je nach Lage des Tieres auf immer wieder andere Sinneszellen, die diesen Reiz dem Zentralnervensystem melden.

schwere Hörsteinchen rollt je nach der Lage des Tieres bald nach der einen, bald nach der anderen Seite und reizt dabei jeweils die Sinneshäärchen, auf die es zu liegen kommt. Diese geben den Reiz über Nerven an das Zentralnervensystem weiter, von dem aus dann der Befehl zu einer die Lage korrigierenden Körperbewegung, zum Beispiel zu einem Flossenschlag, erteilt werden kann.

## SCHWIMMEN UND SCHWEBEN

Viele Tiere und Pflanzen im freien Wasser verbringen ihr ganzes Leben ohne jede Bindung an den Boden oder die Ufer des Gewässers. Sie schwimmen oder schweben.

Das nackte Plasma hat ein spezifisches Gewicht von durchschnittlich 1,04 und ist daher schwerer als das Wasser. Kein Lebewesen kann deshalb ohne Bewegung im Wasser schwimmen, wenn nicht besondere Einrichtungen es daran hindern, abzusinken. Bezeichnenderweise haben alle die Tierstämme, die schwere Außenskelette entwickelt haben, keine freischwimmenden Arten aufzuweisen: Die Seeigel und Seesterne mit ihren Kalkpanzern zum Beispiel, die Muscheln und Schnecken mit ihren harten Schalen. Von den vielen Schnecken schwimmen nur die Flügelschnecken und die Kielfüßer.

### *Passives Schwimmen: Schweben*

Organismen, die keine aktiven Schwimmbewegungen durchführen können, vor allen Dingen Pflanzen, können sich auf verschiedene Weise im Wasser schwebend halten. Der einfachste Weg: Das Körpergewicht wird im Verhältnis zum Wasser erleichtert, zum Beispiel durch Erhöhung des Wassergehaltes oder durch sehr sparsame Verwendung der Elemente Kalzium und Silizium beim Aufbau von Skeletten.

Zuweilen finden wir, zum Beispiel bei bestimmten Quallen, gasgefüllte Blasen, die dem Tier einen Auftrieb verleihen, die also, einem U-Boot ähnlich, hydrostatische Apparate darstellen. Weitere Hilfsmittel sind die

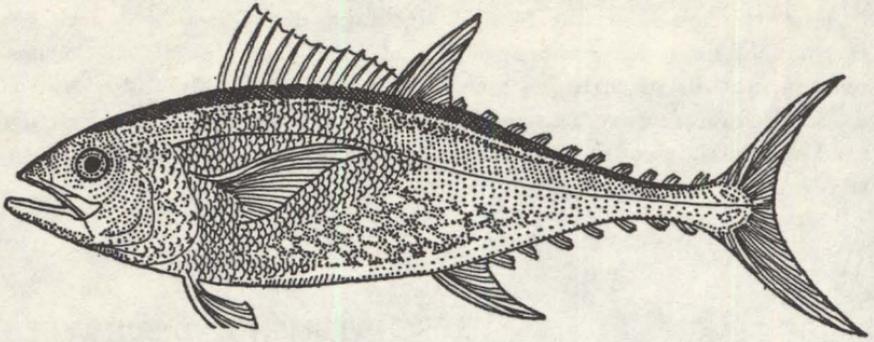


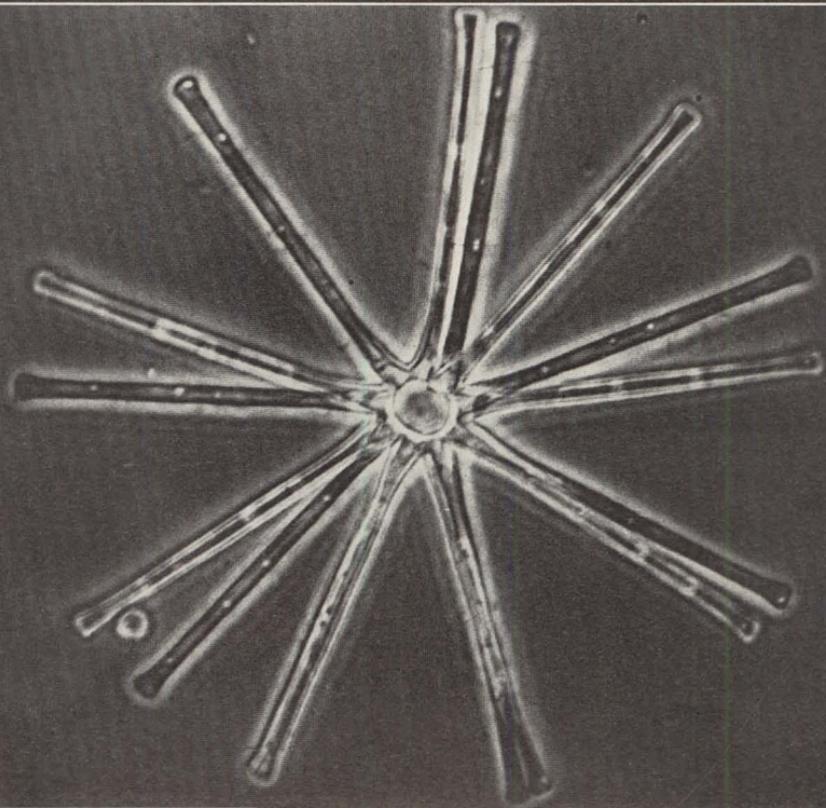
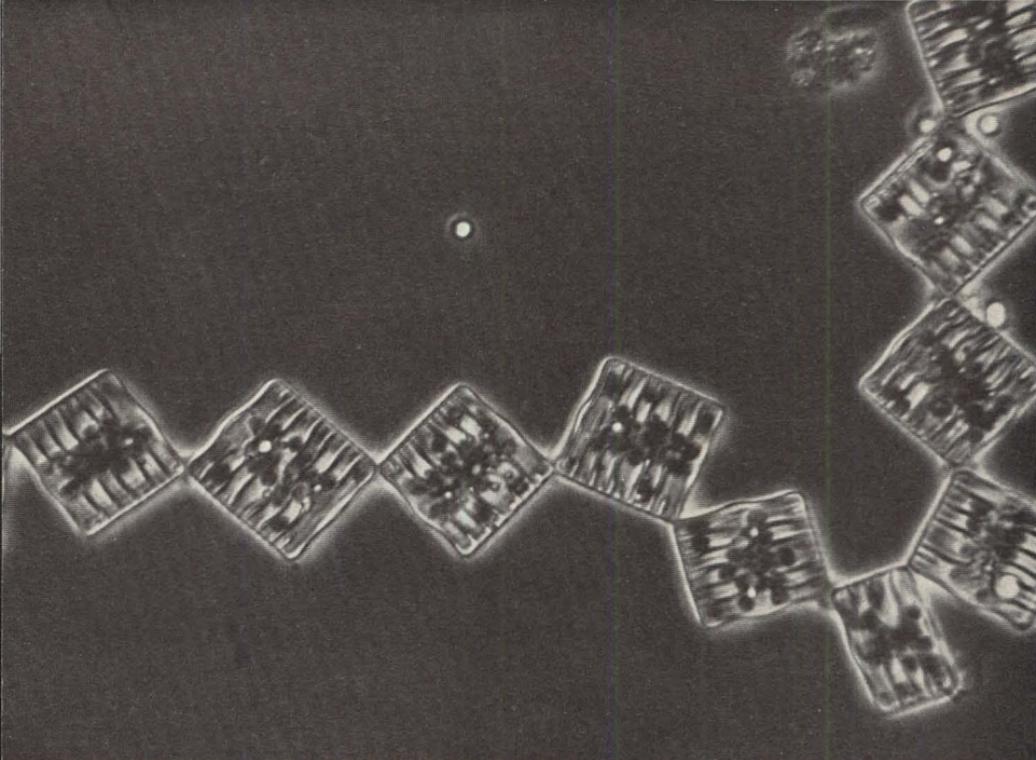
Bild 6: Vollkommen an schnelles Schwimmen angepaßt: der Thunfisch, ein Fisch, der keine Schwimmblase benötigt.

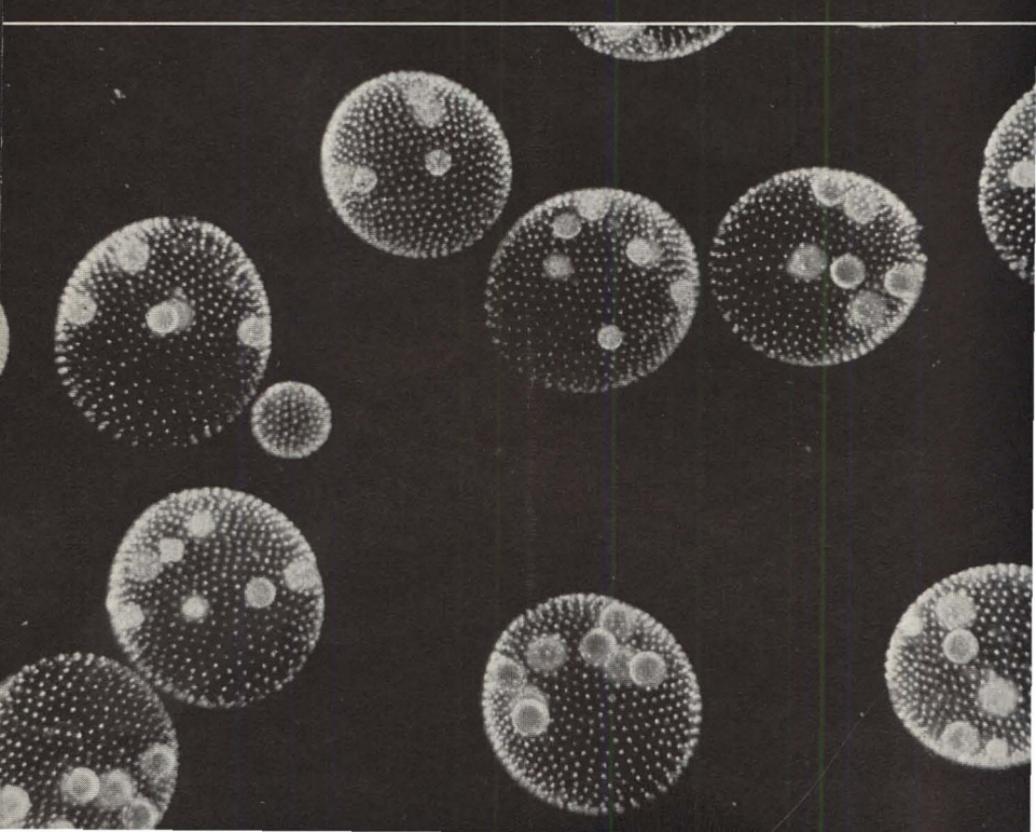
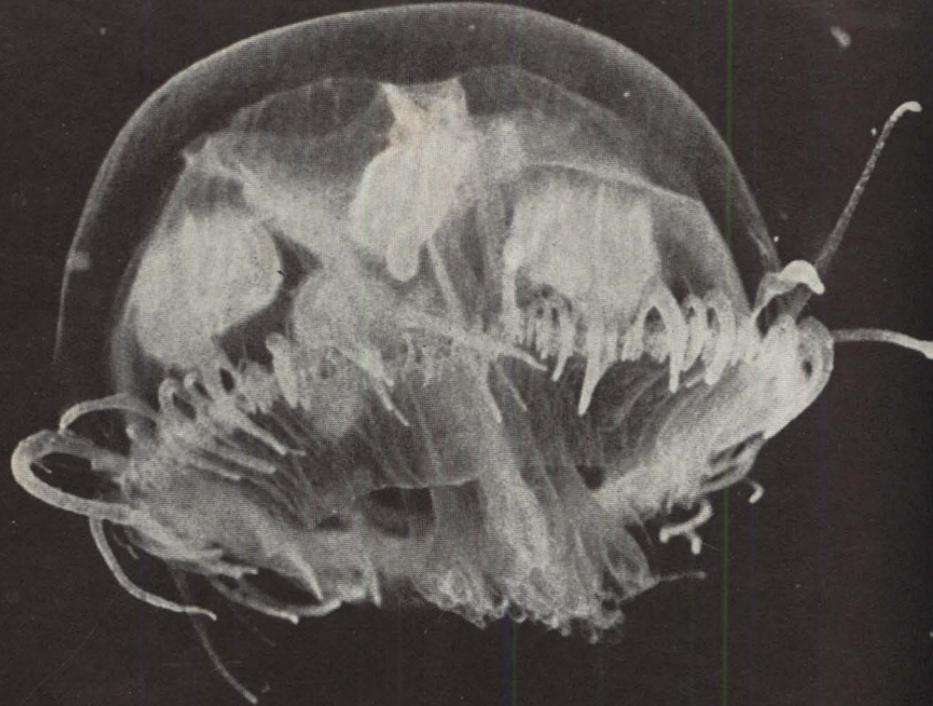
Einlagerung von Fetten in die Zellen sowie die Ausbildung sehr wasserreicher gallertiger und schleimiger Körperhüllen.

Sehr wasserreiche Tiere werden nicht nur leichter, sondern auch sehr durchsichtig und zart. Wir brauchen nur an die glasartig durchscheinenden Quallen zu denken, an bestimmte Wasserfloh-Arten oder auch an die Larve des Aals, die fast völlig durchscheinend ist. Manche dieser Tiere sind so zart, daß sie, in einem Netz gefangen, buchstäblich durch die Maschen hindurchfließen, wenn man das Netz aus dem Wasser hebt. Solche Tiere können wir im Wasser nur sehr schwer wahrnehmen.

Einschlüsse von Gas und Fett dienen gleichfalls dazu, das Gewicht im Verhältnis zum Wasser zu erleichtern. Der bekannteste gasgefüllte hydrostatische Apparat ist die Schwimmblase vieler Fische. Sie fehlt interessanterweise bei zwei biologisch einander vollkommen entgegengesetzten Gruppen: den Bodenfischen und den besten Schwimmern. Bei Bodenfischen ist sie nicht notwendig, da sie nur sehr wenig schwimmen, bei Haien,

*Tafel 1* oben: Die Kieselalge *Tabellaria flocculosa* bildet Kolonien, das heißt lose Zellverbände. Bei *Tabellaria* haben die Kolonien die Gestalt zickzackförmiger Bänder. — Unten: Die Sternkieselalge *Asterionella formosa* bildet gleichfalls Kolonien, doch sind bei ihr die Einzelzellen zu einem Stern angeordnet. *Asterionella* ist ein ganz typischer Planktonorganismus, der im freien Wasser schwebt.





Thunfischen und Makrelen dagegen wird die Schwimmblase überflüssig, da die Körperform dieser Tiere so vollkommen an ein rasches Schwimmen angepaßt ist, daß ein zusätzlicher tragender Apparat gar nicht erforderlich ist.

Die Schwimmblase ist ein sackähnliches Gebilde, das entwicklungsgeschichtlich aus dem Vorderdarm hervorgegangen ist und das bei vielen Fischen zeitlebens mit dem Vorderdarm in Verbindung bleibt. Sie können durch Luftschnappen oder durch Abgabe von Gas aus der Schwimmblase ihr Gewicht regulieren. Bei Fischen dagegen, deren Schwimmblase abgeschlossen ist, also keinen Verbindungsgang mehr zum Vorderdarm hat, erfolgt der Druckausgleich viel langsamer, denn das Gas muß zuerst ins Blut abgegeben werden bzw. aus dem Blut aufgenommen werden.

Ein interessanter Versuch, den wir in Gedanken durchführen wollen, zeigt uns das unterschiedliche Verhalten dreier Fischarten mit verschiedenen gebauten Schwimmblasen:

Wir setzen einen Karpfen, einen Barsch und eine Grundel in ein geschlossenes Gefäß mit Wasser. Beim Karpfen steht die Schwimmblase mit dem Darm in Verbindung, der Barsch besitzt eine geschlossene Schwimmblase und die Grundel — ein Bodenfisch — hat überhaupt keine Schwimmblase. Pumpen wir nun die über dem Wasser stehende Luft ab, so daß ein Unterdruck entsteht, so zeigen die drei Fische ganz verschiedene Reaktionen. Die Grundel, der Fisch ohne Schwimmblase, bleibt ruhig am Grunde des Beckens liegen und wird nicht angehoben. Barsch und Karpfen dagegen, die über Schwimmblasen verfügen, schwellen an und werden an die Wasseroberfläche gedrückt. Hier kann nun der Karpfen über seinen

*Tafel 2* oben: Einer der größten Planktonorganismen unserer heimischen Süßgewässer ist die Süßwassermeduse *Craspedacusta*. Dieses wunderschöne, zentimetergroße, glasartig durchscheinende Tier hat sich in den letzten Jahrzehnten in gut durchwärmten, stehenden Gewässern stark verbreitet, zum Beispiel in Altrhein-Armen. — Unten: Die Kugelalge *Volvox* gilt als Modell eines einfachen vielzelligen Organismus. Die Hohlkugeln bestehen aus einigen Tausend untereinander verbundener Zellen, von denen jede zwei Geißeln besitzt. Der Geißelschlag versetzt die Kugel in rollende Bewegung. Die einzelnen Kugeln sind gerade so groß, daß wir sie mit bloßem Auge als winzige grüne Pünktchen wahrnehmen können. Zuweilen kommt diese interessante Alge im Plankton zur Massenentfaltung; in jedem Kubikzentimeter Wasser können wir dann einige Dutzend der Kugeln finden.

Schwimmblasengang Gas durch das Maul ausstoßen und so einen Druckausgleich herbeiführen. Er hat sich nach kurzer Zeit den neuen Druckbedingungen angepaßt und kann wieder frei schwimmen. Schlechter geht es dem Barsch. Er legt sich an der Wasseroberfläche zur Seite. Da er den Schwimmblasendruck nicht so rasch regulieren kann, muß er zugrunde gehen, wenn der Unterdruck weiterhin anhält. Lassen wir nun die Luft wieder einströmen, so beginnt der Barsch sofort zu schwimmen, wogegen der Karpfen auf den Grund absinkt. Er muß zuerst die Gasfüllung seiner Schwimmblase wieder ergänzen, um frei schwimmen zu können.

### Unterwasser-Luftballons

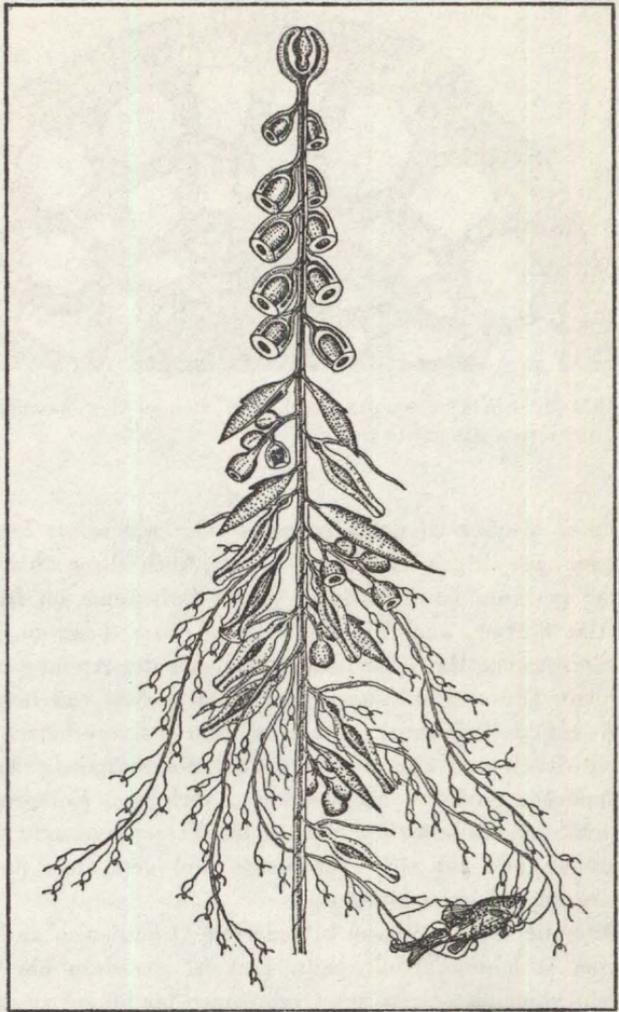
Die Lungen der Wasserschildkröten, der Pinguine, der Wale, Seekühe und Robben dienen nicht nur der Atmung, sondern zugleich als gasgefüllter, hydrostatischer Apparat. Sie sind regelrechte „Unterwasser-Luftballons“.

Typo Gasgefüllte Hohlräume erleichtern auch vielen sogenannten niederen Organismen das Schweben oder Schwimmen. Einzellige Lebewesen können innerhalb ihres Plasmas Gasvakuolen bilden, die ihnen einen Auftrieb verleihen.

Die Staatsquallen, Kolonien freischwebender Hohltiere, besitzen besondere, gasgefüllte Schwimglocken, die die ganze Kolonie im Wasser schwebend halten. Zu ihnen gehört zum Beispiel die gefürchtete „Portugiesische Galeere“ (*Physalia physalis*), deren Nesselgift so wirksam ist, daß es für Badende äußerst gefährlich werden kann, mit diesem schönen, leuchtend gefärbten Tier in Berührung zu kommen. Die Fangfäden dieser Staatsqualle werden bis zu 5 Meter lang.

Eine ganz andere Methode, sich mit Hilfe von Gasblasen im Wasser schwebend zu erhalten, haben bestimmte Blaualgen „erfunden“. Blaualgen sind einzellige oder fädige, mikroskopisch kleine Pflanzen. Die schwebenden Formen, die wir hier im Auge haben, bilden innerhalb ihrer Zellen besondere Gasbläschen, die sie im Wasser aufwärtstreiben oder wenigstens in der Schwebe halten. Häufig bilden nun solche Algen größere Ansammlungen, Wattebüschchen ähnlich, und diese Flocken schwimmen zusätzlich noch besser, weil die einzelnen Zellen in das fädige Gewirr des Bausches hinein Gasbläschen absondern, die an den Zellwänden hängenbleiben und die ganze Kolonie leichter als das Wasser machen.

Bild 7: Im Mittelmeer und im Atlantik lebt die „Portugiesische Galeere“, eine Staatsqualle, die sich durch gaserfüllte Schwimmglocken schwebend im Wasser hält. Dieses schöne Tier gilt als sehr gefährlich, da es sogar Menschen tödlich vernesseln kann. Hier eine kleinere Verwandte, die Blasenqualle *Physalis*.



### *Schwimmende Blätter*

Wir alle kennen die großen, auf dem Wasser treibenden Blätter der Seerose, und wenn wir einmal vom Boot aus versuchen, ein solches Blatt

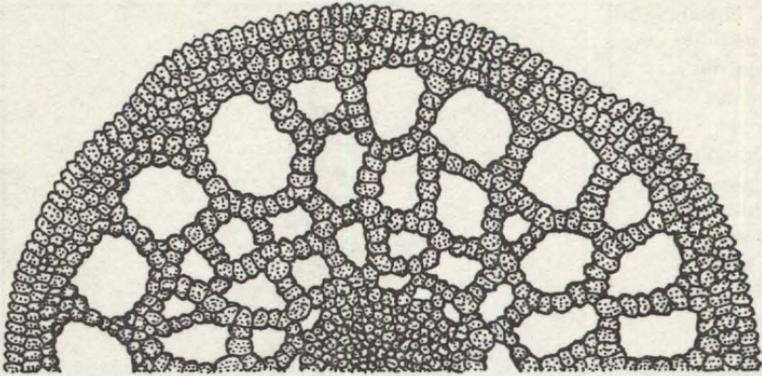


Bild 8: Ein Querschnitt durch den Stengel der Wasserpest. Riesige Lufträume durchsetzen das ganze Gewebe.

unter Wasser zu drücken, so werden wir sofort bemerken, daß es einen ganz gewaltigen Auftrieb besitzt. Auch diese Schwimmblätter erreichen ihr geringes Gewicht durch große Lufträume im Inneren ihres Gewebes. Alle Blätter, auch die der Landpflanzen, besitzen im Inneren ein Hohlraumssystem, das gaserfüllt ist und das der Atmung und dem Gasaustausch dient. Dieses Hohlraumssystem (man spricht von Interzellularen, das heißt Zwischenzellräumen) ist nun bei den Wasserpflanzen ganz besonders stark entwickelt und übernimmt so noch die zusätzliche Aufgabe, dem Blatt besonderen Auftrieb im Wasser zu verleihen. Entsprechende Hohlräume in den Stengeln bewirken, daß sie im Wasser senkrecht stehen können, obwohl sie an und für sich sehr weich sind und ohne ihre riesigen Gasräume einfach umkippen würden.

Anstelle von Gasblasen bilden viele Organismen auch Fetteinschlüsse oder eine schleimige Außenhaut. Fett ist geradezu ein Charakteristikum der schwimmenden tierischen Organismen bis hinauf zu den Fischen, und selbst bei vielen Wasserpflanzen finden wir Fetteinlagerungen. Wenn Süßwasserpflanzen im Herbst oder bei Wasservergiftung abstirbt und verwest, so bilden sich manchmal an der Wasseroberfläche große „Fettflecke“ von Planktonöl!

Wir alle haben schon oft auf kleinen, stehenden Gewässern eine regenbogenartig schillernde Haut gefunden. Meist dachten wir wohl, es handle

sich um einen Ölfilm, den vielleicht ein unvorsichtiger Autofahrer beim Waschen seines Wagens erzeugt haben mochte. In Wahrheit bestehen diese Häutchen aber sehr oft aus Millionen mikroskopisch kleiner Zellen von Kieselalgen, von denen jede in ihrem Plasmaleib eine Ölkugel enthält.

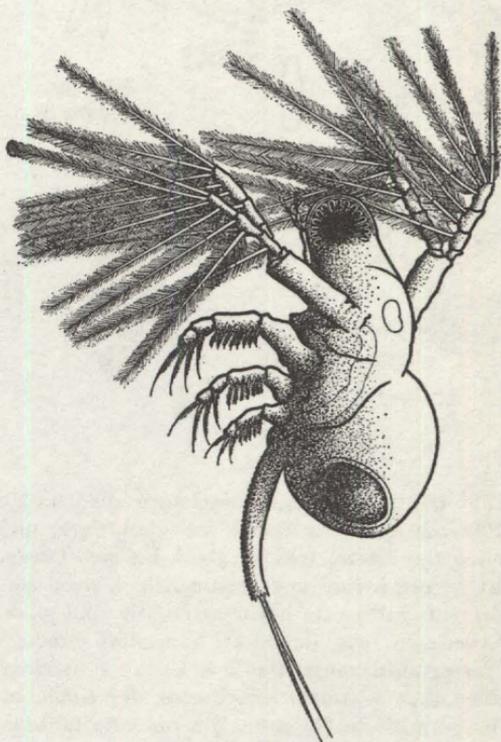
### *Das Prinzip des Fallschirms – im Wasser angewendet*

Ein Lebewesen kann um so besser im Wasser schweben, je größer seine Oberfläche im Verhältnis zum Volumen des Körpers ist: je größer die Oberfläche, um so stärker ist auch die Reibung mit dem Wasser. Je kleiner ein Organismus nun ist, um so größer wird seine relative Oberfläche. Es wundert uns daher nicht, daß die meisten Planktonorganismen relativ kleine Formen sind.

Nach ihrer Größe können wir die Plankton-Lebewesen in drei Gruppen einteilen:

1. Körperlänge 1 bis 5 Millimeter: Kleinkrebse zum Beispiel, die wir mit bloßem Auge noch gut sehen können, wie etwa die bekannten Wasserflöhe.

Bild 9: Ein typischer Plankter: Der Raubwasserfloh *Polyphemus*. Die mächtigen Ruderantennen sind mit Tausenden feiner Borsten besetzt. Ihr kräftiger Schlag ermöglicht es dem Tier, sprunghaft, wendig und rasch zu schwimmen; zugleich vermindern sie, einem Fallschirm ähnlich, die Sinkgeschwindigkeit. Vergrößerung 100fach. Aus RÜHMANN, Mikrokosmos 49, S. 215, 1960.



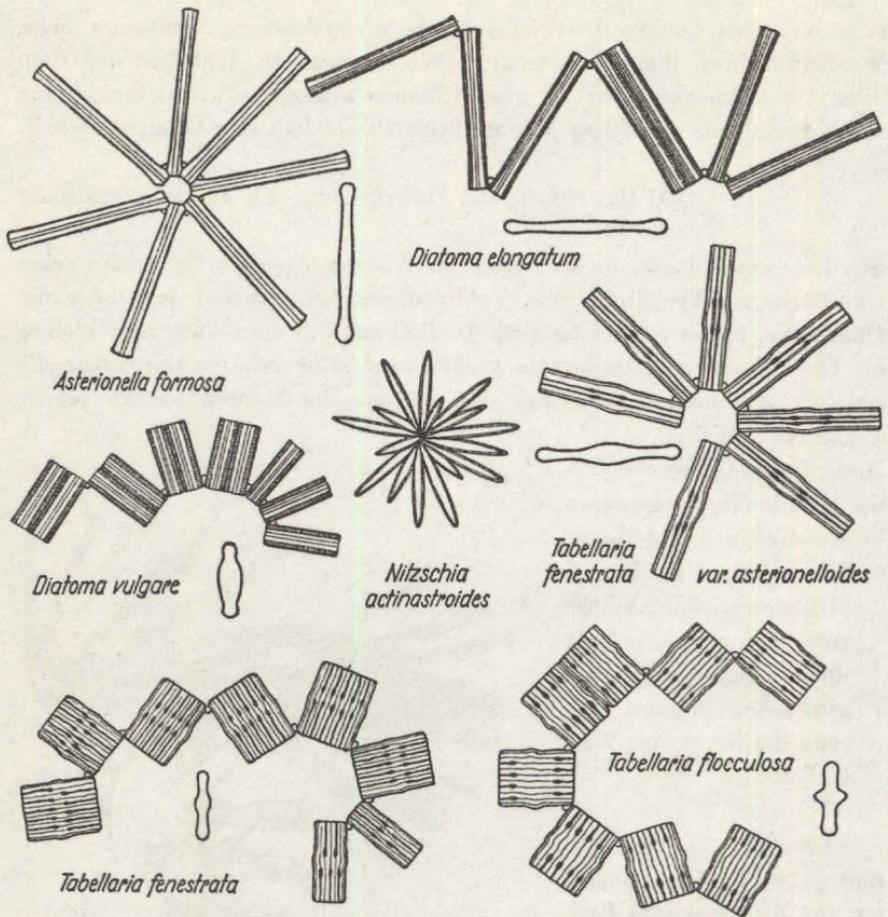


Bild 10: Sternförmige Kieselalgen aus dem Plankton. Kieselalgen sind einzellige Pflanzen mit einer Schale aus glasartiger, spröder Kieselsäure. Wir finden sie in allen Gewässern, vom Bergbach bis zum Ozean. So winzig auch die einzelne Zelle ist — durch ihre ungeheure Zahl können sie den Stoffhaushalt eines Gewässers dennoch nachhaltig beeinflussen. Sie sind pflanzliche, zur Photosynthese befähigte Lebewesen, die im Licht Sauerstoff produzieren und Kohlendioxid aus dem Wasser aufnehmen. Dadurch kann es zu einer Sauerstoffübersättigung kommen, aber auch — durch den Entzug der Kohlensäure — zu einer Alkalisierung des Wassers bis in Bereiche, die für empfindliche Tiere schädlich sind. Schalen von

abgestorbenen Kieselalgen sind nur schwer zersetzbar. Am Grunde von Seen können sich daher diese Schalen im Laufe von Jahrzehntausenden zu meterhohen Schichten anhäufen, die man dann als Kieselgur bezeichnet.

Aus RÜHMANN, Mikrokosmos 46, S. 143, 1956.

2. Körperlänge 50 bis 1 000  $\mu\text{m}$  ( $1 \mu\text{m} = 1\,000\text{stel Millimeter}$ ): Mikroplankton, zu denen wir sehr kleine Krebse, die Rädertiere und die Urtiere zählen.
3. Körperlänge geringer als 50  $\mu\text{m}$ : Nannoplankton, das sehr kleine Pflanzen wie Geißelalgen und Bakterien umfaßt.

Im Meer finden wir dann noch eine vierte Gruppe, die sogenannten Makroplankter, deren Körpergröße nach Zentimetern zu messen ist, zum Beispiel die Quallen.

Planktonorganismen sind außerordentlich vielgestaltig. Häufig finden wir sehr bizarre Formen, die mit Dornen, Borsten, Häkchen und anderen Fortsätzen ausgestattet sind, die man insgesamt Schwebefortsätze nennt, da sie den „Formwiderstand“ erhöhen, also ähnlich wirken wie in der Luft ein Fallschirm. Dennoch können wir diese vielen Gestalten auf wenige Grundtypen zurückführen. So sind Kugel und Zylinder weit verbreitete Formen im Plankton; wir brauchen nur an die berühmte Kugelalge *Volvox* zu erinnern.

Weitverbreitet sind auch Fladen oder Scheiben, also abgeplattete Formen, sowie Stäbchen, Fäden oder Bänder. Die im Süßwasser oft in Mengen auftretenden Blaualgen *Oscillatoria* und *Anabaena* sind ausgesprochen fädig, wie wir selbst leicht feststellen können, wenn wir ein solches schleimiges Algenbüschel aus dem Wasser nehmen und es einmal genauer betrachten. Wir erkennen dann ein Gewirr aus Tausenden feinsten Fäden.

#### *Schwimmen: Aktive Bewegung*

Viele Planktonlebewesen schweben nicht nur passiv im Wasser, sondern bewegen sich auch mit Muskelkraft oder durch den Schlag von Geißeln und Wimpern, sie schwimmen also aktiv. Diese aktiven Bewegungen dienen bei reinen Planktonorganismen allerdings weniger der Vorwärtsbewegung; sie verhindern vielmehr ein Absinken. Mit anderen Worten: Diese Organismen schwimmen gegen die Schwerkraft.

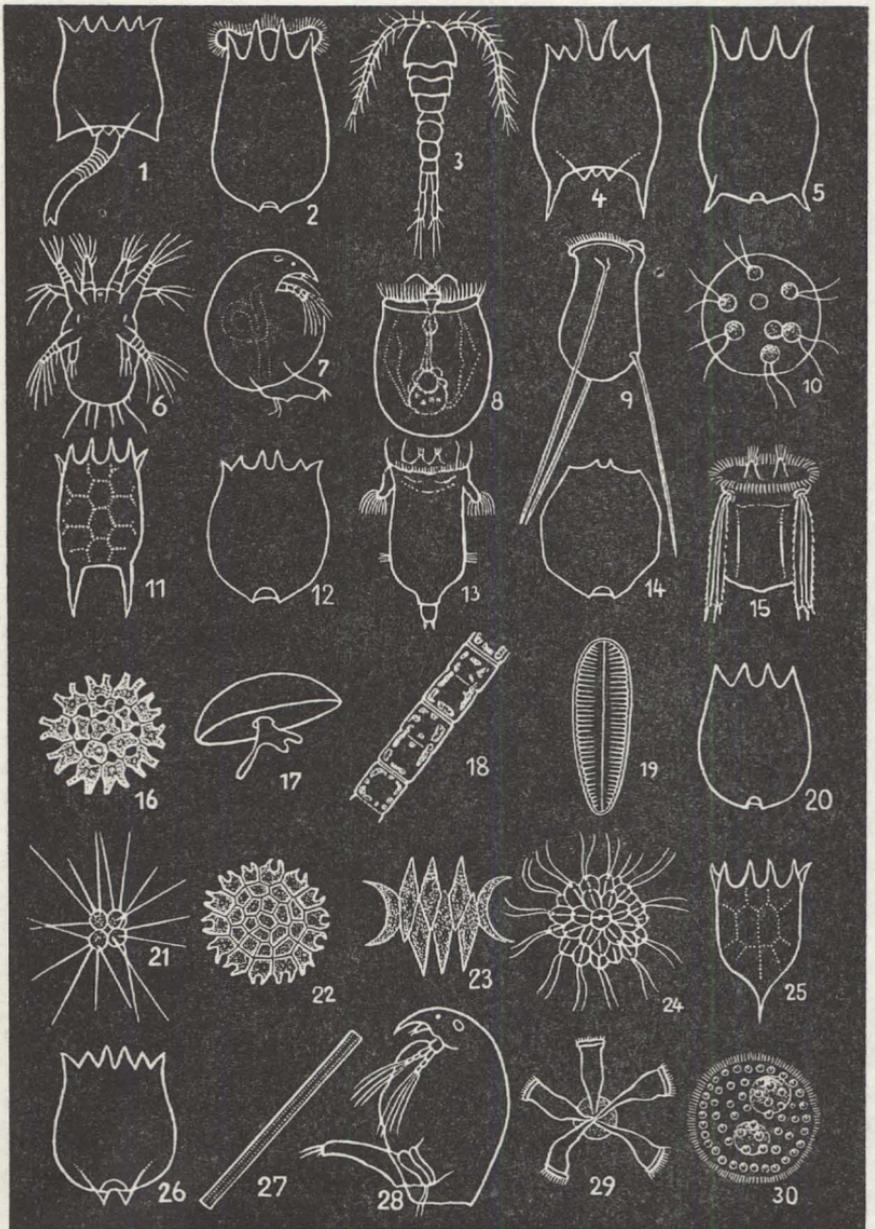


Bild 11: Planktonlebewesen aus einem großstädtischen Gewässer. Diese ganz verschiedenartigen und verschiedengestaltigen Mikrolebewesen wurden an einer einzigen Stelle der durch Hamburg fließenden Alster gefangen, und zwar ist der Fluß an der Entnahmestelle weitgehend kanalisiert.

- 1 Das Rädertier *Branchionus quadridentatus* var. *entzii*.
  - 2 Das Rädertier *Branchionus calyciflorus* var. *dorcas*.
  - 3 Der Hüpferling *Cyclops* spec.
  - 4 Das Rädertier *Branchionus quadridentatus*.
  - 5 Das Rädertier *Branchionus calyciflorus* forma *anuraeiformis*.
  - 6 Nauplius-Larve des Hüpferlings *Cyclops*.
  - 7 Der Kleinkrebs *Chydorus* spec.
  - 8 Das Rädertier *Asplanchna priodonta*.
  - 9 Das Rädertier *Filinia (longiseta?)*
  - 10 Die Kugelalge *Eudorina elegans*.
  - 11 Das Rädertier *Keratella quadrata*.
  - 12 Das Rädertier *Branchionus urceolaris*.
  - 13 Das Rädertier *Synchaeta pectinata*.
  - 14 Das Rädertier *Branchionus angularis*.
  - 15 Das Rädertier *Polyarthra* spec.
  - 16 Die Grünalge *Pediastrum duplex*.
  - 17 Die Schalenamöbe *Arcella* spec.
  - 18 Die Kieselalge *Melosira varians*.
  - 19 Die Kieselalge *Surirella elegans*.
  - 20 Das Rädertier *Branchionus calyciflorus* var. *pala*.
  - 21 Die Grünalge *Micractinium pusillum*.
  - 22 Die Grünalge *Pediastrum boryanum*.
  - 23 Die Grünalge *Scenedesmus falcatus*.
  - 24 Der Flagellat *Synura uvella*.
  - 25 Das Rädertier *Keratella cochlearis*.
  - 26 Das Rädertier *Branchionus quadridentatus* var. *cluniorbicularis*.
  - 27 Die Kieselalge *Synedra* cf. *ulna*.
  - 28 Der Wasserfloh *Pleuroxus* spec.
  - 29 Das Rädertier *Conochilus unicornis*.
  - 30 Die Kugelalge *Volvox aureus*.
- Aus RÜHMANN, Mikrokosmos 56, S. 315, 1967.

### Geißeln und Wimpern

Viele Wasserorganismen, vor allem die mikroskopisch kleinen, bewegen sich mit Hilfe sogenannter Geißeln oder Wimpern. Das sind zarte, haarähnliche, bewegliche Plasmafortsätze, die ins Wasser ragen. Die Geißeln

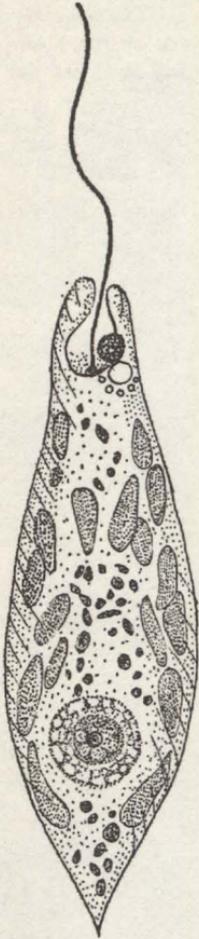


Bild 12 (links): Das Augentierchen *Euglena*, ein einzelliger Flagellat, der sich mit Hilfe einer Geißel durchs Wasser schraubt. Eigentlich ist das Augentierchen eine Pflanze: Es enthält Blattgrün (Chlorophyll) und ist zur Photosynthese, dem Aufbau organischer Substanz aus Kohlendioxid und Wasser, befähigt. Der deutsche Name Augentierchen rührt von einem roten Fleck an der Vorderseite einer jeden Zelle her, der zwar nicht selbst lichtempfindlich ist, wohl aber eine lichtempfindliche Plasmapartie beschattet. *Euglena* kann hell und dunkel wahrnehmen, und in Massenkulturen kann man nachweisen, daß die „Tierchen“ stets zur hellsten Stelle eines einseitig beleuchteten Behälters schwimmen (nach GRELL).

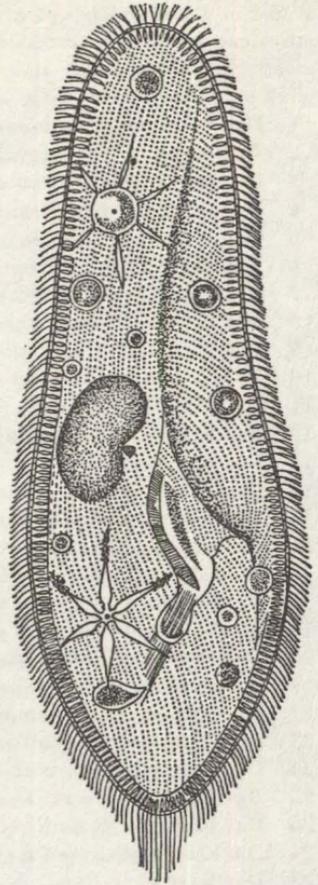
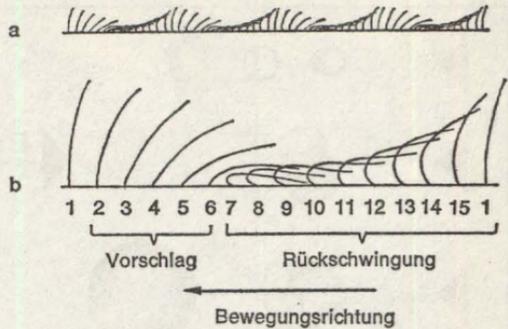


Bild 13 (rechts): Das Pantoffeltier *Paramecium* besteht aus nur einer Zelle. Dennoch ist der winzige

Organismus, den wir mit unbewaffnetem Auge gerade noch als Pünktchen erkennen können, recht hoch organisiert: Es besitzt einen Mund, in den es Bakterien einstrudelt, sogenannte pulsierende Vakuolen, die als Niere wirken und ein ausgeklügeltes Verdauungssystem. Das Pantoffeltier lebt im wesentlichen von Bakterien, und daher werden wir es in ganz reinem Wasser selten finden, umso häufiger jedoch in leicht verschmutztem. Fortbewegungsorgane sind die Wimpern, die das ganze Tier wie ein Pelz bedecken (in unserem Bild, das im optischen Schnitt gezeichnet ist, sind die Wimpern nur seitlich eingezeichnet). Aus MATTHES/WENZEL, Wimpertiere.

Bild 14: So schlagen die Wimpern bei einem Pantoffeltier oder einem anderen Wimpertier: Einem raschen Niederschlag folgt ein langsames Wiederaufrichten; da die in der gleichen Längsreihe stehenden Wimpern nacheinander schlagen, gleicht die Bewegung einem im Winde wogenden Kornfeld. Beim Pantoffeltier schlägt eine Wimper 10- bis 11mal in der Sekunde auf und nieder.



a Schlagfolge einer Wimperreihe; b Schlagphase einer Wimper. Aus MATTHES/WENZEL, Wimpertiere.

sind lang; eine Zelle trägt gewöhnlich nur eine oder wenige Geißeln. Die Wimpern dagegen sind kurz, meist aber in sehr großer Zahl vorhanden. Das berühmte Pantoffeltier zum Beispiel ist ringsum mit einem regelrechten Pelz solcher Wimpern besetzt.

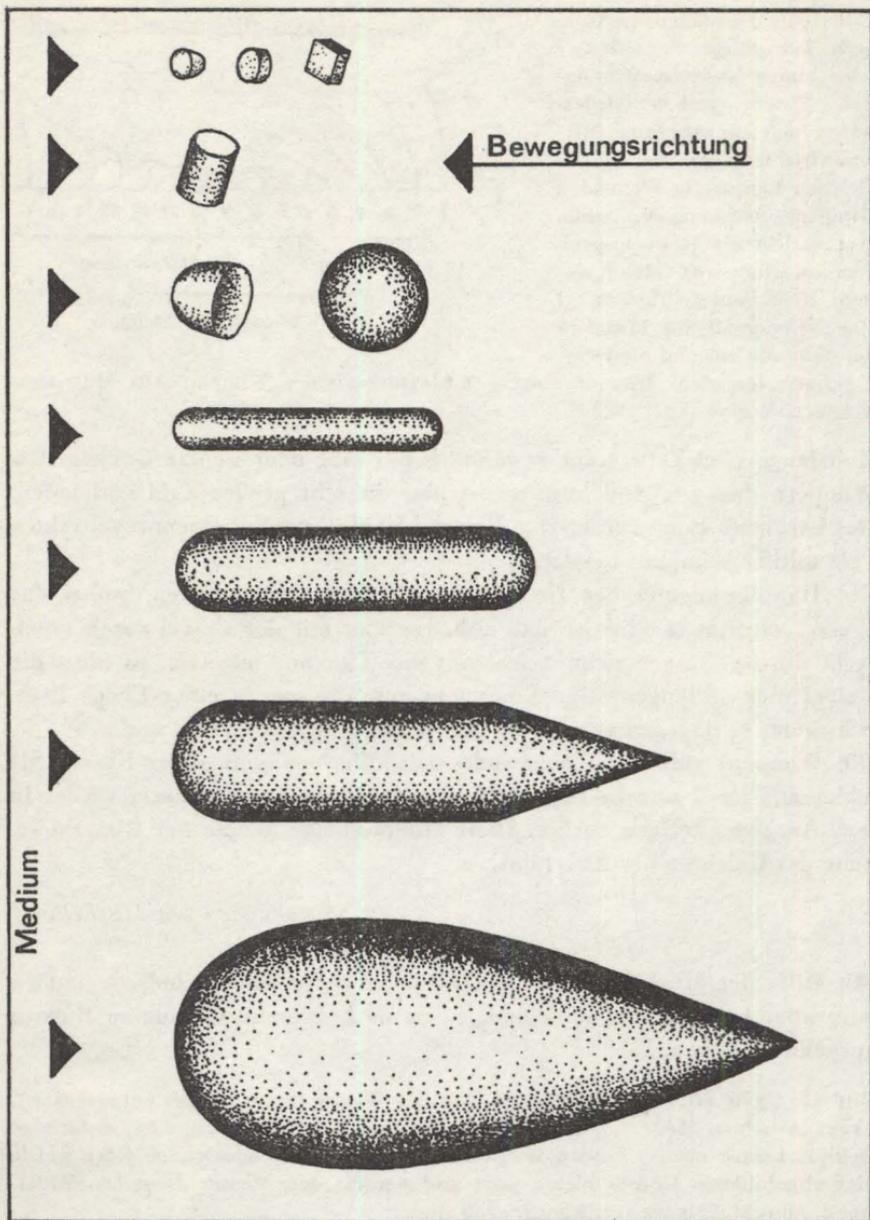
Die Hauptbewegung der Geißeln ist ein einfaches Rotieren, wobei das Wasser angesaugt wird, so daß sich das Tier mit der Geißel voran regelrecht durchs Wasser zieht. Schwimmt das Tier nur langsam, so führt die Geißel eine schlangenartige Bewegung aus, die nur in einer Ebene liegt. Schwimmt es dagegen schnell, so rotiert die Geißel zusätzlich noch.

Die Wimpern vollführen eine rudertartige Bewegung in einer Ebene. Sie schlagen schnell und kräftig abwärts und kehren dann langsam wieder in ihre Ausgangsstellung zurück. Diese Ruderschläge ähneln der Ruderbewegung der Galeeren des Altertums.

### *Schwimmen mit Muskelkraft*

Mit Hilfe der Muskelkraft können Tiere entweder schlängelnd schwimmen oder aber rudert und paddelnd, wenn sie bestimmte Organe zu Rudern ausgebildet haben.

Bild 15 (Seite 30) : Der Widerstand, den das Wasser einem Körper entgegensetzt, hängt in hohem Maße von der Form des Körpers ab. Sehr kleine scheibenförmige Gebilde leisten ebenso großen Widerstand wie große, torpedoförmige Körper. Die hier abgebildeten Körper bieten samt und sonders dem Wasser denselben Widerstand, obwohl sie ganz verschieden groß sind.



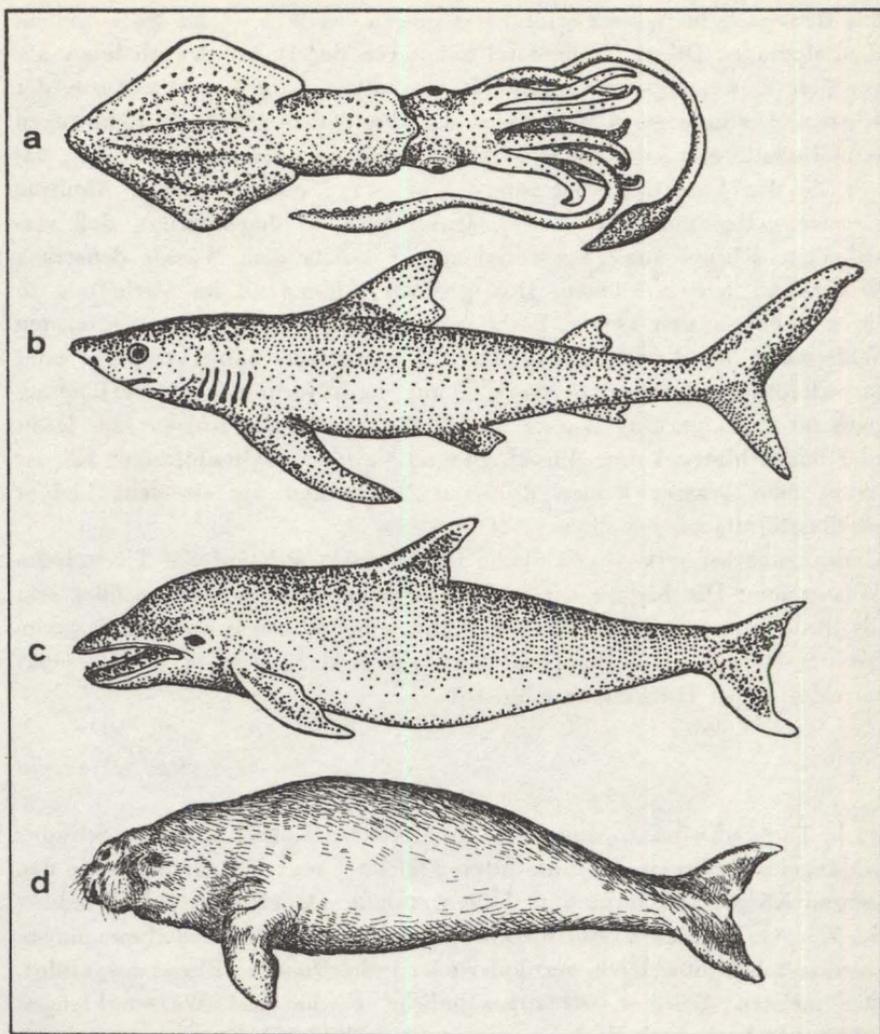


Bild 16 (oben): Aktiv schwimmende Tiere sind oft tropfen- oder torpedoförmig gebaut. Die Zeichnungen zeigen: *a* einen freischwimmenden Kopffüßer („Tintenfisch“); *b* Haifisch; *c* Delphin; *d* Sirene.

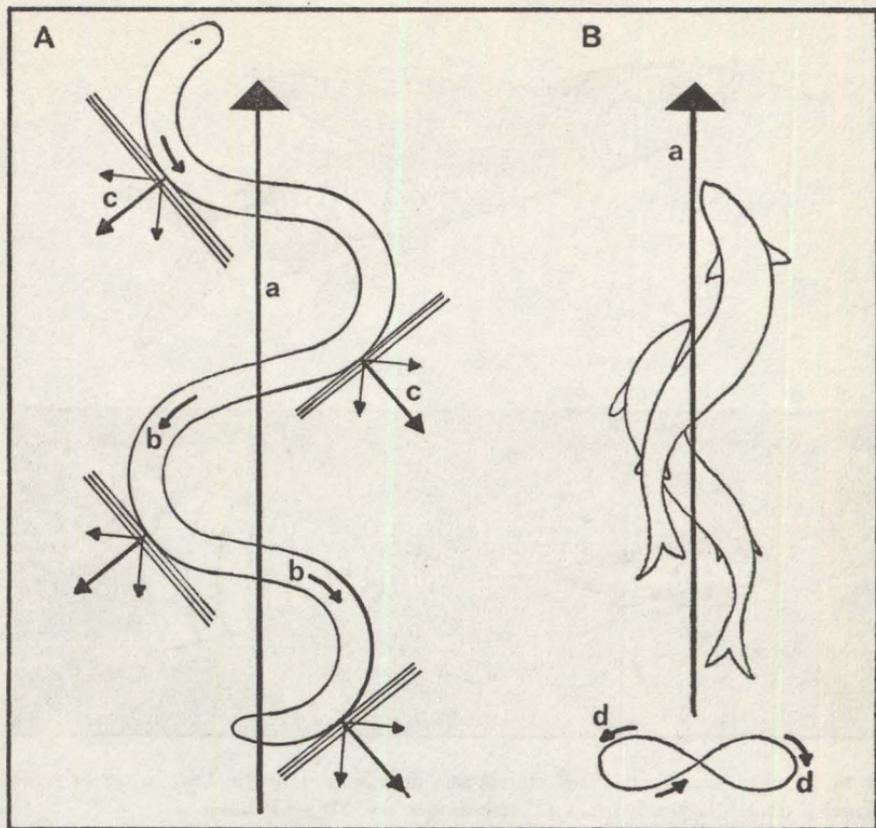
Die Bewegung im Wasser erfolgt stets gegen den Widerstand des umgebenden Mediums. Dieser Widerstand hängt von der Dichte des Mediums ab, von der Bewegungsgeschwindigkeit, vor allem aber von der Form der Körper. Aus unserem Alltag wissen wir alle, daß zum Beispiel Rennwagen stromlinienförmig konstruiert werden, Flugzeuge „strömungsgünstig“, damit sie der Luft möglichst wenig Widerstand entgegensetzen. Ähnliche Gesetze gelten auch im Wasser. Unser Bild 15 demonstriert, daß verschiedene Körper von ganz verschiedener Größe dem Wasser denselben Widerstand leisten können. Den größten Widerstand im Verhältnis zu ihrer Größe leisten kleine, flache Scheiben und Platten. Den geringsten Widerstand im Verhältnis zu ihrer Körpergröße haben tropfen- oder torpedoförmige Körper, deren Wölbung nach vorne, deren Verjüngung nach hinten zeigt. Das Wasser umschließt so geformte Körper sehr leicht und bildet hinten kaum Wirbel. Ein sehr großer tropfenförmiger Körper bietet dem Wasser keinen größeren Widerstand als ein sehr kleiner scheibenförmiger!

Dieses zunächst rein physikalische Gesetz wirkt sich auf die Tierwelt im Wasser aus: Die Körper der aktiven Schwimmer können viel größer sein als die der passiven Schwebler. Wir finden bei Wasserbewohnern torpedoförmige Körper viel weiter verbreitet als man glauben sollte. Es gibt sogar torpedoförmige Tintenfische (Bild 16).

### *Das Schlängeln*

Viele Tiere schwimmen, indem sie ihren ganzen Körper oder den Schwanz schlängelnd bewegen. Im einfachsten Fall läuft eine Krümmungswelle den ganzen Körper von vorne nach hinten entlang. Dabei wirkt jede Windung des Körpers auf das Wasser wie ein Ruderschlag. Die Schlängelbewegungen werden dabei entweder in vertikaler oder in horizontaler Ebene ausgeführt. Die meisten Würmer, schlangenähnliche Fische und Wasserschlangen schlängeln horizontal, Egel dagegen vertikal (Bild 17).

Muränen und Aale schlängeln ihren ganzen Körper, Haie und Forellen dagegen fast nur den Schwanz. Überhaupt ist die Schwanzflosse für die Mehrzahl aller Fische das Hauptbewegungsorgan. Wir können sie mit einer Schiffsschraube vergleichen. Einige Fischarten aber benutzen auch die Bauch- und Brustflossen, die sonst mehr der Stabilisierung der Be-



- A** Wurmformige Bewegung  
**B** Bewegung der Fische  
**a** Fortbewegungsrichtung  
**b** Muskelkontraktion  
**c** Kraft  
**d** Schlagbewegung des Schwanzes

Bild 17: Die Schlängelbewegung. A die wurmförmige Bewegung in einer Ebene; B die Bewegung eines Fisches.

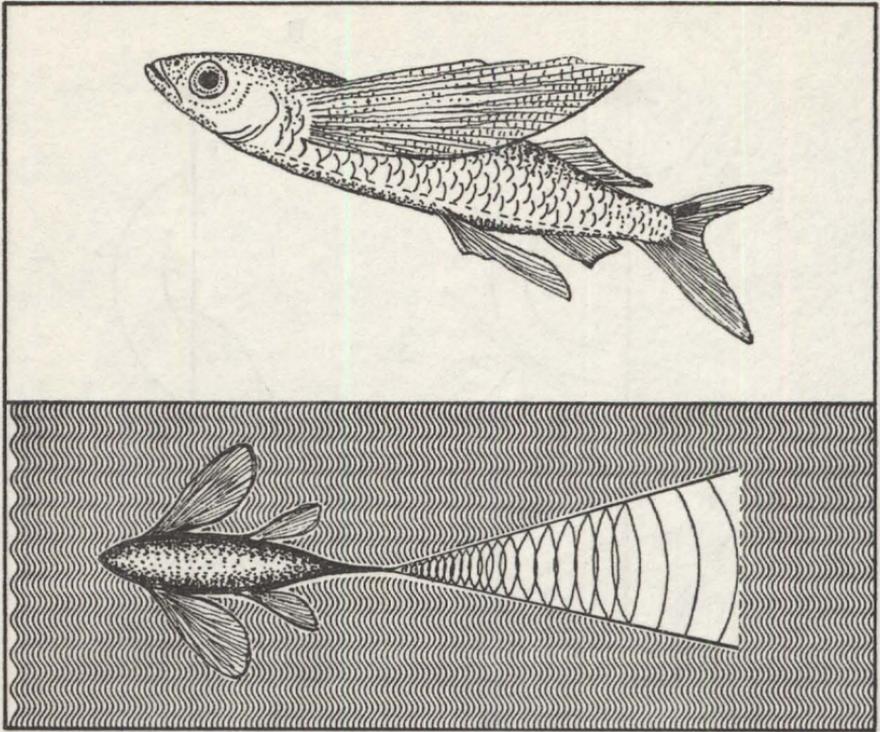


Bild 18: Ein fliegender Fisch startet aus dem Wasser in die Luft, wozu er seine speziell umgebildeten Brust- und Afterflossen wie Flügel benützt.

Tafel 3 oben: Der Planktonkrebs *Chirocephalus grubi* zählt ebenfalls zu den größeren Planktontieren. Er schwimmt aktiv durch die Ruderschläge seiner blattförmigen Beine. Eigenartigerweise schwimmen diese Tiere stets rückenabwärts. An der Oberfläche sehen wir auf diesem Bild Stechmückenlarven, die sich mit ihrem Atemrohr an das Oberflächenhäutchen des Wassers geheftet haben. — Unten: Rädertiere gibt es in vielen verschiedenen Formen. Viele schweben im Plankton, andere heften sich mit einer Klebdrüse an einer Unterlage fest. Die hier abgebildeten beiden Tiere aus der Gattung *Brachionus* tragen Eier mit sich.



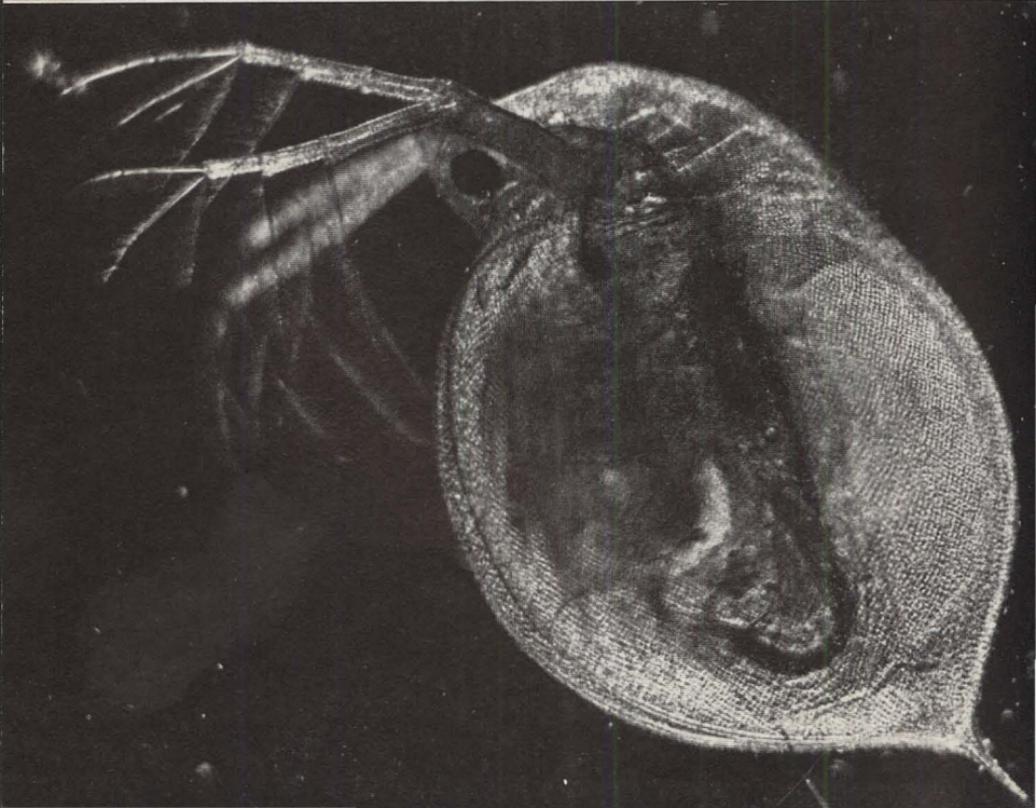
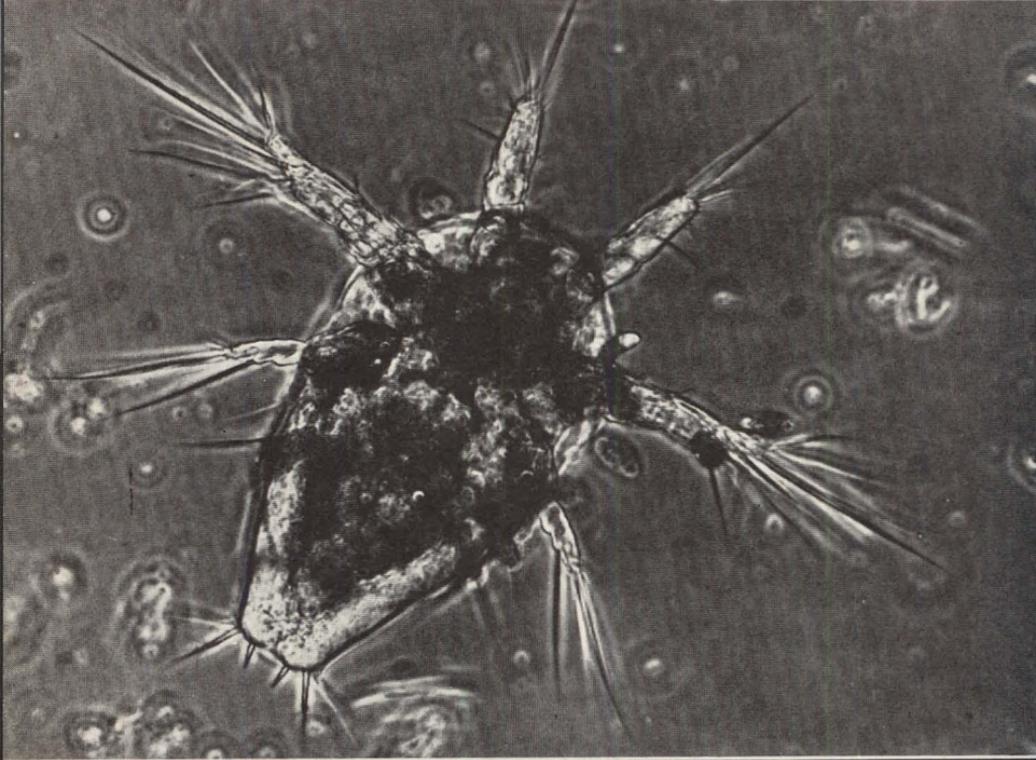
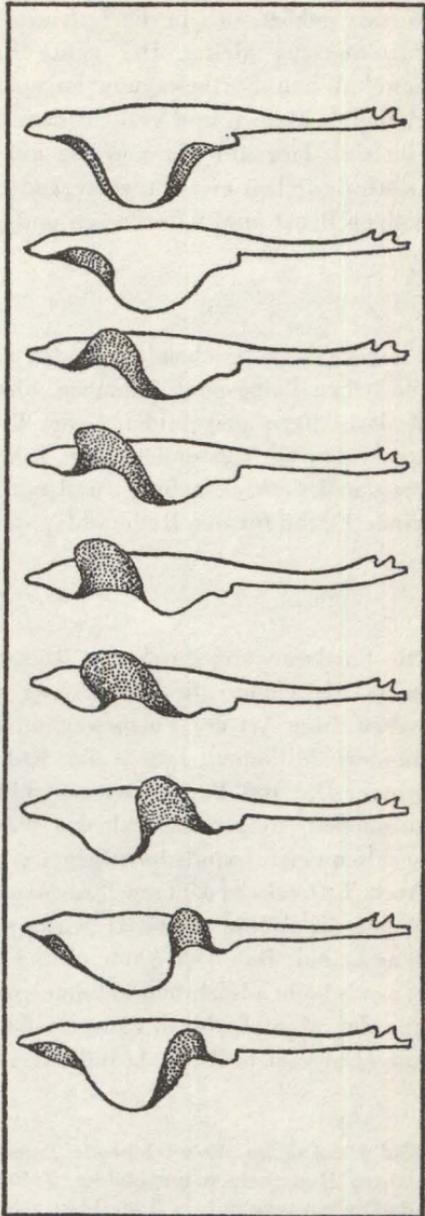


Bild 19: Rochen können sehr elegant und rasch schwimmen. Sie benützen dazu ihre flügelartig verbreiterten, am Körper angewachsenen Brustflossen, die sie schlängelnd bewegen.

wegung dienen, als Fortbewegungsorgane. Bei den Rochen zum Beispiel sind die Brustflossen unmittelbar mit dem Körper verwachsen und werden zum schnellen Schwimmen eingesetzt. Bild 19 demonstriert die Schlängelbewegungen der Brustflossen bei einem Rochen.

Fliegende Fische haben die Menschen schon immer fasziniert, und es ist ja auch etwas Besonderes, wenn ein Fisch, der doch sprichwörtlich ins

Tafel 4 oben: Die Larve eines Ruderfußkrebse, ein sogenannter Nauplius. Solche winzigen Krebslarven treten im Plankton oft in sehr großer Menge auf. Sie sind eine wesentliche Nahrungsquelle für frischgeschlüpfte Jungfische. — Unten: Der Wasserfloh *Daphnia pulex* schwimmt mit ruckartigen Bewegungen durch den Schlag seiner mächtigen Ruderantennen.



Wasser gehört, sich in die Luft erhebt und bis zu 100 Meter weit wie ein Segelflugzeug gleitet. Der ganze Körperbau dieser Tiere ist dieser ungewöhnlichen Fortbewegung angepaßt: Die Schwanzflosse arbeitet einem Propeller ähnlich und verleiht dem Fisch eine recht hohe Geschwindigkeit. Hat das Tier auf diese Weise auf seiner „Startbahn“ die erforderliche Geschwindigkeit erreicht, so verändert es den Neigungswinkel seiner flügelartigen Brust- und Afterflossen und steigt wie ein Flugzeug in die Luft.

### *Rudern*

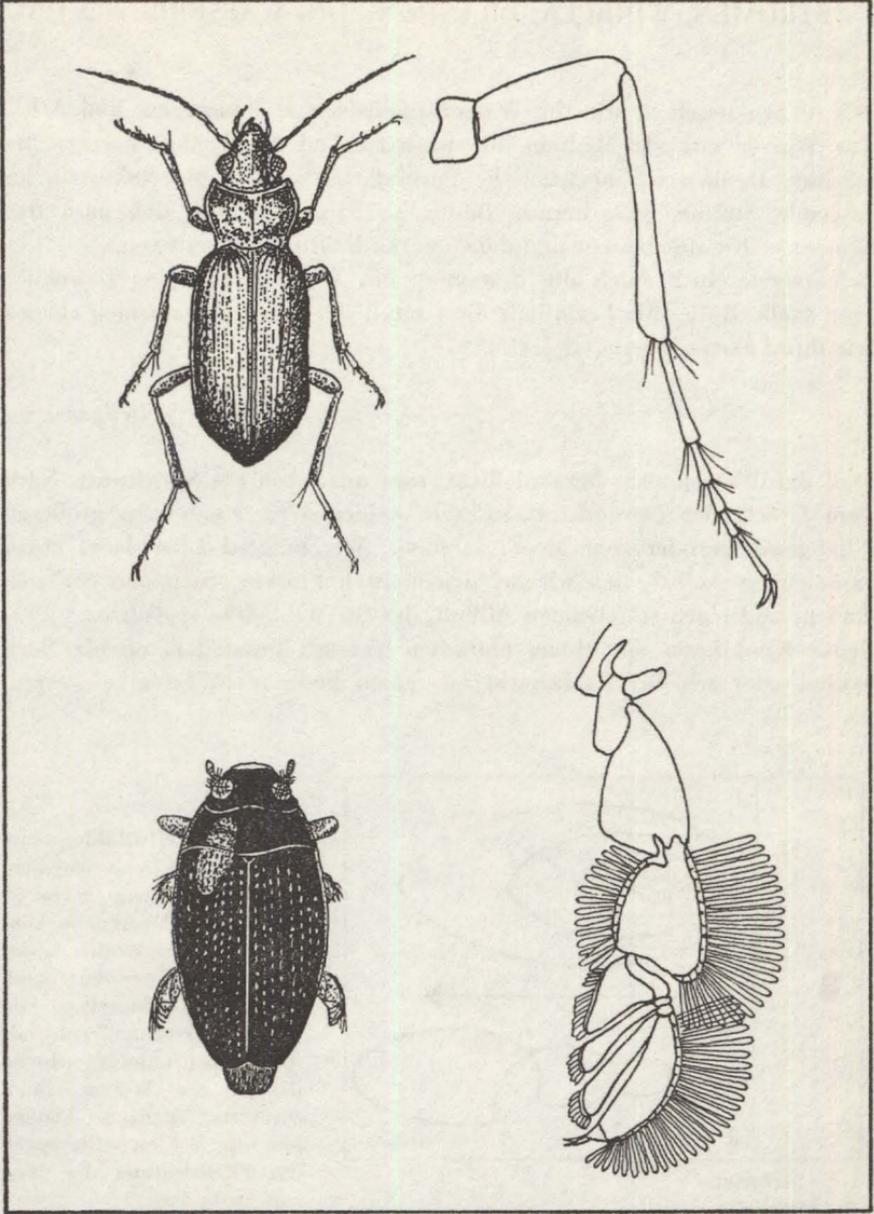
Viele im Wasser lebende Insekten und viele schwimmende Krebse rudern. Sie haben Beine oder Antennen, also Gliedmaßen, oftmals zu regelrechten Ruderblättern ausgebildet. Unser Bild 20 zeigt ein besonders schönes Beispiel: den im Wasser lebenden Taumelkäfer, dessen drittes Beinpaar sehr breit und flach ausgebildet und mit Haaren eingefast ist. So entsteht eine große Fläche für den Ruderschlag.

### *Raketen – schon vor Millionen Jahren*

Die Fortbewegung durch den Rückstoß, das Raketenprinzip, erscheint uns heute als modernste Entwicklung der modernen Technik. In Wahrheit haben diese Art der Fortbewegung schon Tiere „erfunden“, die vor vielen hundert Millionen Jahren im Erdmittelalter, ja sogar im Erdaltertum lebten. Die von Badegästen so gefürchteten Quallen ziehen ihre Glocken zusammen, treiben dadurch das Wasser aus der Glockenhöhle heraus und erhalten einen Impuls in entgegengesetzter Richtung.

Auch Tintenfische können ihre Mantelhöhle als Rückstoßorgan verwenden. Wenn die Höhle erweitert wird, so strömt durch eine größere Öffnung Wasser ein. Das Tier kann diese Öffnung dann soweit verengen, daß das Wasser beim plötzlichen Zusammenziehen des Mantels in scharfem Strahl aus der Mantelhöhle herausgestoßen wird – der Tintenfisch wird in die entgegengesetzte Richtung befördert.

Bild 20: Der im Wasser lebende Taumelkäfer hat sein drittes Beinpaar zu regelrechten Ruderbeinen umgebildet. Zahlreiche Borsten verbreitern die Fläche und schaffen ein regelrechtes Ruderblatt. Oben zum Vergleich ein Laufkäfer.



## STRÖMEN, WIRBELN, BRANDEN: DIE WASSERBEWEGUNG

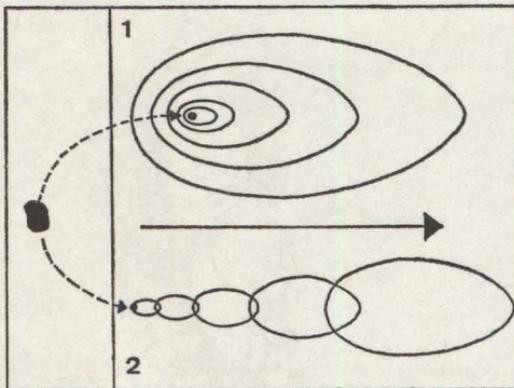
Wir haben gesehen, wie die Wasserorganismen sich bewegen, und dabei das Wasser nur als Medium, als passiven Teil der beiden Partner betrachtet. Denken wir aber an die Springfluten an den Meeresküsten, an reißende Ströme, plätschernde Bäche, so wird uns klar, daß auch das Wasser selbst sich bewegt und dabei starke Kräfte ausüben kann.

Selbstverständlich spielt die Bewegung des Wassers für seine Bewohner eine große Rolle. Sie beeinflusst die Gestalt der Wasserorganismen ebenso wie ihre Lebensweise.

### *Fließgewässer*

Daß das Wasser nicht bergauf fließt, sagt uns schon ein Sprichwort. Nach dem Gesetz der Schwerkraft sucht es seinen Weg hinab zum größeren Fließgewässer oder zum Meer: es fließt. Wir unterscheiden dabei einen strömenden Abfluß, den wir bei den meisten Flüssen, Seen und Strömen finden, und einen schießenden Abfluß, der für Wildbäche typisch ist.

Jedes Kind kann mit einem einfachen Versuch feststellen, ob ein Bach strömt oder schießt: Es braucht nur einen Stein ins Wasser zu werfen.



- 1 »Strömen«
- 2 »Schießen«

Bild 21: Wellenbilder beim Strömen und beim Schießen. Wirft man einen Stein in schießendes Wasser, so können sich die Wellen nicht, wie wir es gewohnt sind, ringförmig ausbreiten, da das Wasser schneller ist als die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen. Beim Strömen dagegen können sich die Wellen auch gegen die Fließrichtung des Wassers ausbreiten.

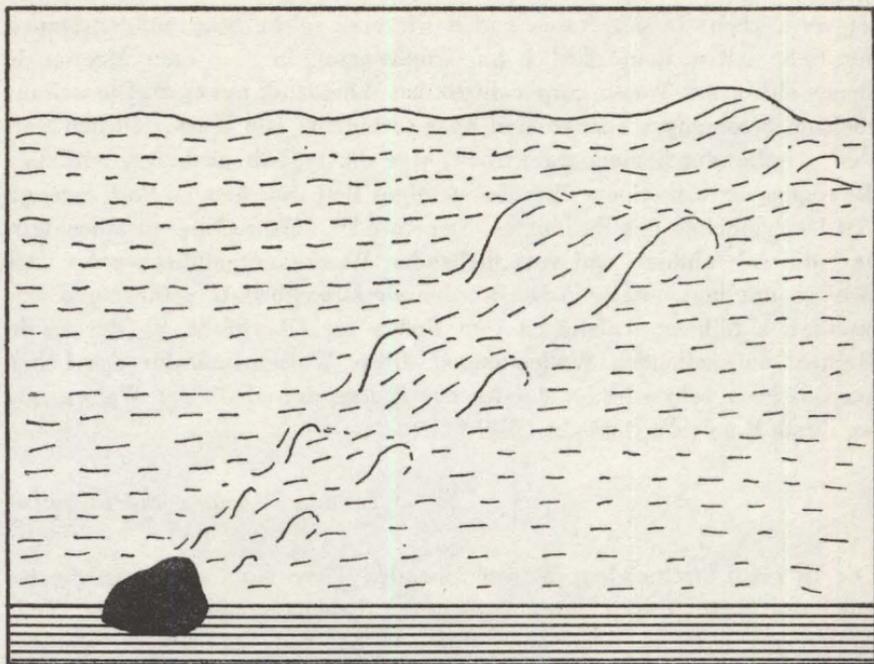


Bild 22: Im fließenden Wasser bilden sich vom Grunde her Wirbel und Walzen. Es entsteht eine turbulente Strömung, in der die Wassermassen durchmischt werden.

Der Stein erzeugt sogenannte Grundwellen, die sich im stehenden Wasser gleichmäßig nach allen Seiten ausbreiten. Schießendes Wasser ist schneller als die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieser kleinen und flachen Wellen, die Wellenringe werden sich daher nur in der Fließrichtung des Wassers ausbreiten können. Anders beim strömenden Wasser, das langsamer ist als die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen — hier werden sich die Wellenringe zum Teil auch gegen die Fließrichtung ausbreiten (Bild 21).

#### *Laminare und turbulente Strömung*

Wir unterscheiden zwischen laminarer und turbulenter Strömung eines Wasserkörpers. Laminar strömt ein Gewässer, wenn sich alle seine Teile etwa parallel nebeneinander bewegen, ohne sich wesentlich miteinander

zu vermischen. In der Natur finden wir eine solche Schichtungsströmung nur sehr selten, hauptsächlich im Grundwasser, in Seen oder Meeren, in denen sich ganze Wasserkörper durch den Winddruck bewegen. Die weitaus meisten Strömungsvorgänge sind aber turbulent: Die Wasserteilchen werden ständig durcheinandergewirbelt, was die typisch unruhige, wirbelige Bewegung etwa in einem über ein steiniges Bett rauschenden Bach erzeugt. An Unebenheiten des Bachbettes, Steinen oder Felsbrocken entstehen Wirbel, die sich ablösen und vom fließenden Wasser mitgeführt werden. Als Walzen mit horizontaler Achse werden sie stromabwärts geführt und vergrößern sich beim Aufsteigen vom Boden zur Oberfläche, an der sie in flachen, aufquellenden Wellen enden. Diese Walzen sind für das Leben im Gewässer sehr wichtig, da sich das Wasser innerhalb der Walzen und an ihrem Rande durchmischt (Bild 22).

### *Tiere in Strömung und Turbulenz*

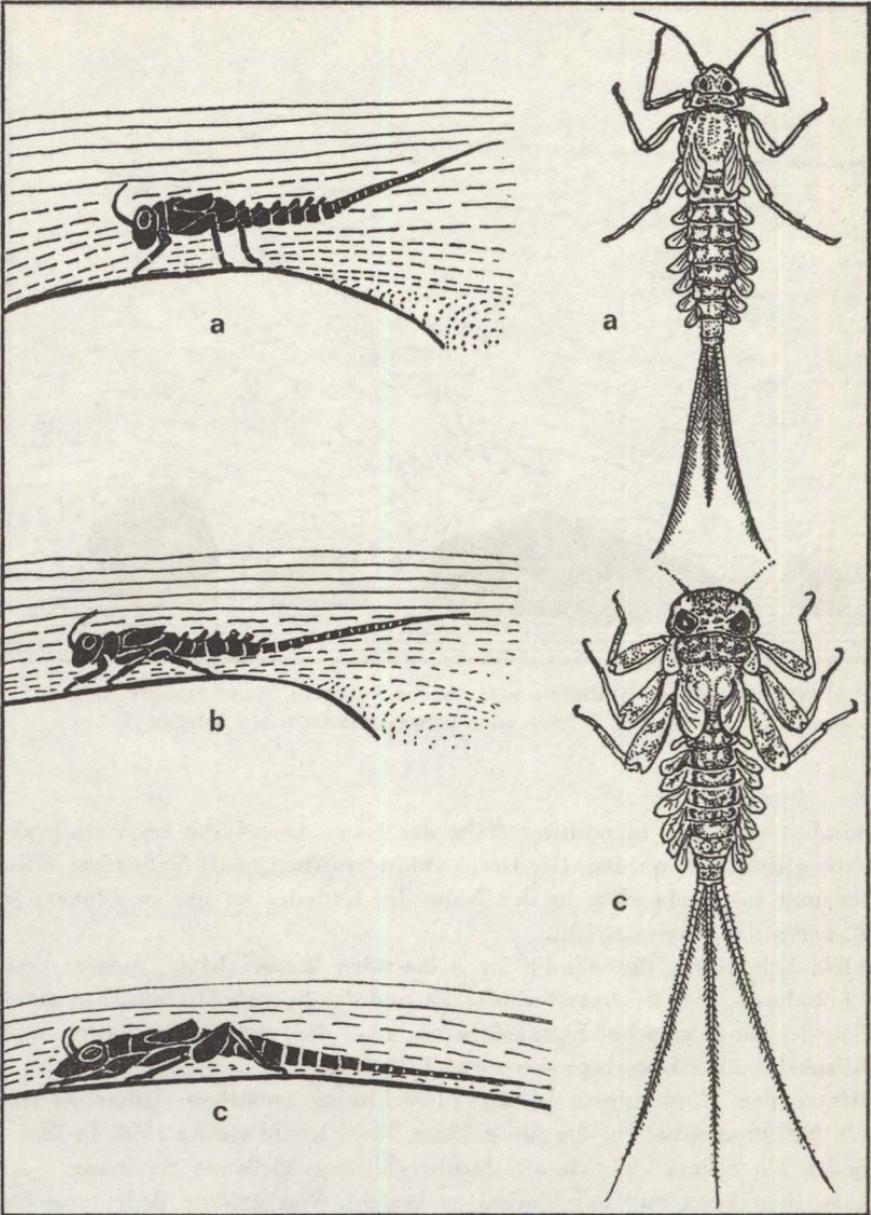
Die in rasch strömendem Wasser lebenden Tiere mußten sich an die besonderen Bedingungen ihres besonderen Lebensraumes anpassen. Teils heften sie sich an oder unter Steinen an, teils bevorzugen sie den Strömungsschatten, zum Teil wirkt auch ihre ganze Körperform dem Fortgeschwemmtwerden entgegen.

Bei der turbulenten Strömung ist die Geschwindigkeit der Wasserteilchen gegen den Boden des Gewässers hin ziemlich gleichmäßig. In unmittelbarer Nähe des Grundes aber nimmt die Geschwindigkeit jäh ab. In dieser Zone, der Grenzschicht, treten jene sehr großen Schubkräfte auf, die Steine und Sand über Hunderte von Kilometern transportieren können. Sie sind es vor allem, die die Tierwelt der Fließgewässer beeinflussen.

Fließt das Wasser über einen festen Körper, zum Beispiel über einen Stein, so bremst die Reibung die Wasserteilchen. Die Fließgeschwindigkeit ver-

Bild 23: Viele Eintagsfliegenlarven zeigen besondere Anpassungen an das Leben in strömendem Wasser. Sie stellen sich so in die Strömung, daß sie nicht leicht abgeschwemmt werden können, und manche haben auch ihre ganze Körperform starker Strömung angepaßt.

a *Baetis*-Larve bei schwacher Strömung; b *Baetis*-Larve bei starker Strömung; c *Ectyonurus*-Larve bei starker Strömung.



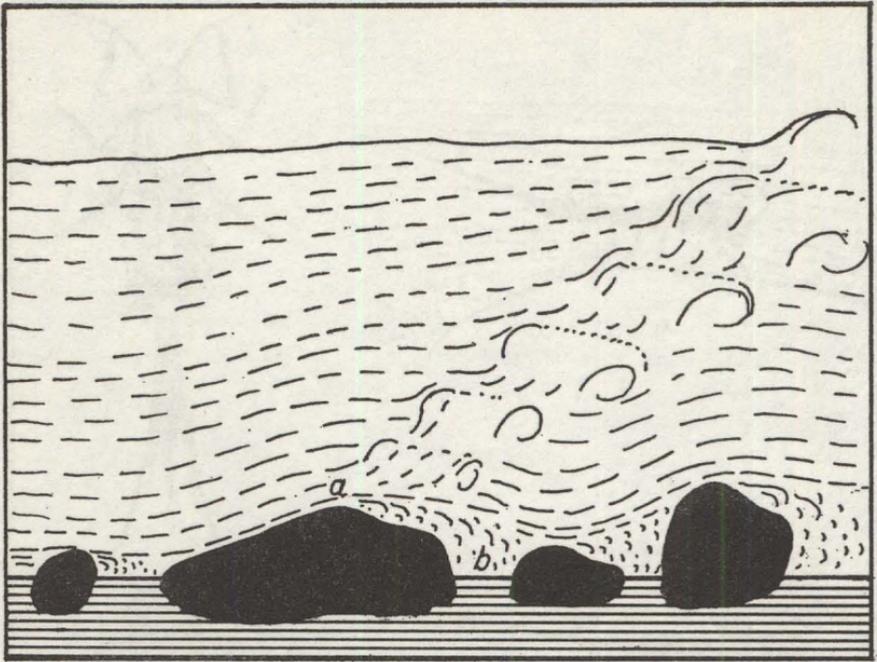


Bild 24: So entstehen Stillwasserzonen in der Strömung hinter Steinen.  
*a* leeseitige Abrißkante; *b* Still- oder Totwasserraum (nach AMBÜHL).

mindert sich, und in nächster Nähe der festen Oberfläche kann sie praktisch gleich Null werden. Die Grenzschicht zwischen rasch fließendem Wasser und fast stehendem in der Nähe des Grundes ist um so dünner, je schneller das Wasser strömt.

Viele Lebewesen, die ständig im strömenden Wasser leben, nutzen diese Veränderung der Fließgeschwindigkeit und der Schubkräfte aus. Ein gutes Beispiel sind manche Eintagsfliegenlarven, die sich in Verhalten und Körperform der Unterlage anpassen (Bild 23).

Hinter den Hindernissen in der Fließrichtung entstehen stillere Zonen, die Strömungsschatten, die für größere Tiere lebenswichtig sind. In ihnen finden sie Schutz, da sich die darüber hinwegschießende Strömung nicht auswirken kann und nur Turbulenz besteht. Von größter Bedeutung für

diese Tiere ist vor allen Dingen eine ganz bestimmte kleine Zone, die leeseitige Kante eines überströmten Hindernisses, an der die Wirbel in dem dahinterliegenden Stillwasserraum entstehen und sich von der talwärts gerichteten Hauptströmung ablösen. Eine ganze Reihe von Tieren siedelt sich nur in dieser Zone an und bildet dort eine kennzeichnende Lebensgemeinschaft. Auch Pflanzen, wie zum Beispiel das Quellmoos, finden hier die erste Möglichkeit, festen Fuß zu fassen (Bild 24).

### *Reibungs- und Druckwiderstand*

Durch die Strömung treten Reibungskräfte an der Körperoberfläche sowie Druckunterschiede an Vorder- und Rückseite eines Körpers auf. Die Größe des Reibungswiderstandes hängt von den physikalischen Eigenschaften der umgebenden Flüssigkeit und von der Größe und Beschaffenheit der überströmten Oberfläche ab. Je rauher die Oberfläche, um so größer die Reibungskräfte.

Beim Druckwiderstand gibt die Form des Körpers den Ausschlag. Eine nach vorn spitz zulaufende Form wird unter sonst gleichen Verhältnissen einen weit geringeren Druckwiderstand aufweisen als eine stumpf abschneidende. Wir haben ja schon gesehen, daß stromlinienförmig gebaute Tiere wie Fische nur einen Bruchteil des Widerstandes auszuhalten haben, den etwa eine Kreisplatte, die dem Querschnitt ihres Körpers entspräche, bieten würde.

In den turbulenten Strömungen unserer Flüsse und Bäche treten auch Querströmungen auf, die zumeist seitlich an den Tieren angreifen. Um sich dagegen zu wehren, haben die Tiere dieses Lebensraumes wiederum besondere Anpassungen entwickelt. Unser Bild 25 zeigt Querschnitte durch Fische rasch fließender Gewässer (Forelle, Elritze, Koppe) und langsam fließender bzw. stehender Gewässer (Brachse, Karpfen, Rotfeder). Wir sehen mit einem Blick, daß die Fische der langsam fließenden Gewässer in kennzeichnender Weise abgeflacht sind: Sie brauchen nicht mit Querströmungen „zu rechnen“, die sie aus dem Gleichgewicht kippen könnten. Je kleiner die Tiere sind, um so weniger aktiv können sie durch Schwimmbewegungen der Gefahr, weggeschwemmt zu werden, begegnen. Sie müssen sich daher an ihrer Unterlage festhalten können und ihre Körperform den herrschenden Kräften anpassen. So finden wir in vielen Fällen spezielle

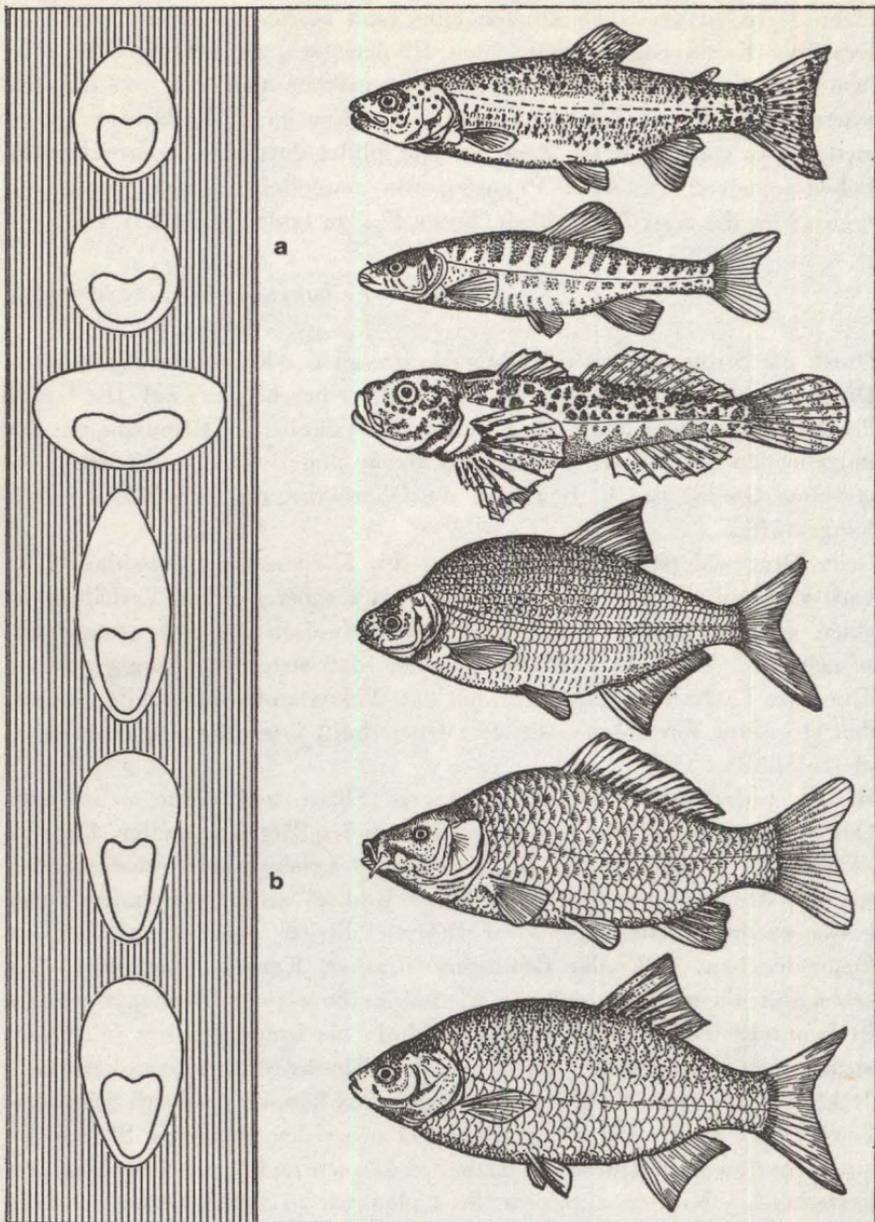
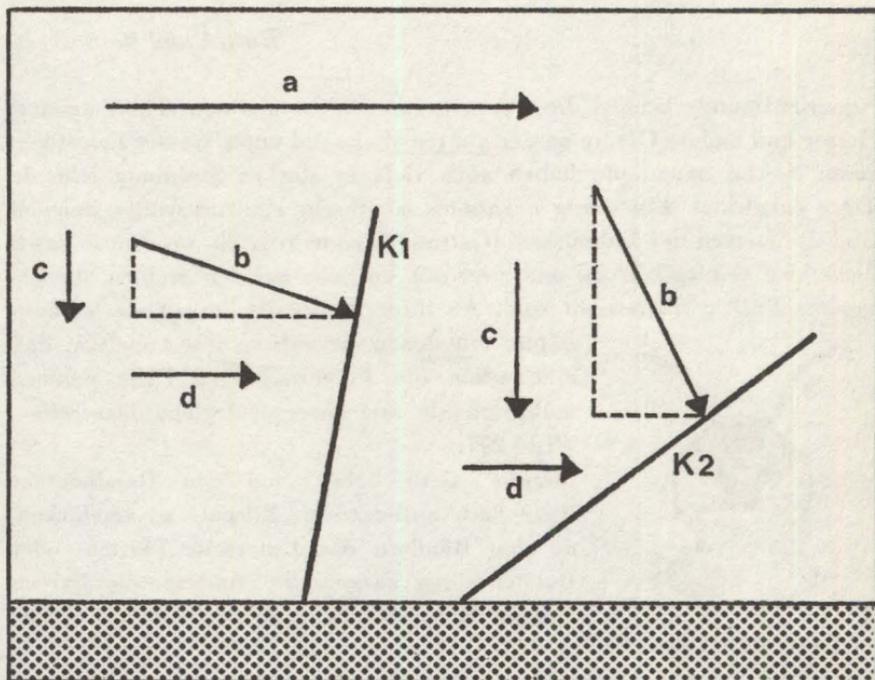


Bild 25 (links): Fische, die in schnellfließenden Gewässern leben, zeigen oft eine ganz andere Körpergestalt als Fischarten, die langsam fließende oder stehende Gewässer bevorzugen (a). Die seitliche Abflachung ist ein Charakteristikum des langsam fließenden Gewässers: Hier braucht das Tier nicht mit plötzlichen Querströmungen „zu rechnen“ (b). Von oben nach unten: Forelle, Elritze, Koppe, Brachse, Karpfen, Rotfeder.



- a Strömungsrichtung
- b Richtung der Kräftewirkung
- c Druck
- d Schub

Bild 26 (oben): Wie starker Schub des Wassers auf einen Körper einwirkt — zum Beispiel auf eine sich auf einem Stein anklammernde Insektenlarve — hängt von der Neigung der Oberfläche des Körpers ab. Ist die Oberfläche steil gegen die Wasserströmung gerichtet (K 1), so wird der Körper leicht fortgeschoben; ist die Oberfläche dagegen nur flach geneigt (K 2), so kann sie vom Schub des Wassers sogar noch gegen den Grund gedrückt werden.

Halte- und Klammerorgane und eine kennzeichnende Abplattung des Körpers. Diese abgeflachten Tiere stellen dem Schub des Wassers zudem noch eine schiefe Fläche entgegen, wodurch der horizontal wirkende Schub die Tiere niederdrückt, anstatt sie wegzuschieben. Abflachungen der Unterseite schaffen eine größere Berührungsfläche mit dem Untergrund, die naturgemäß die Reibungs- und Haftfähigkeit wesentlich verstärkt (Bild 26).

### Haften und Beschweren

Aquariefreunde kennen die Gummisauger, mit denen man Thermometer, Heizer und andere Geräte an der glatten Glaswand unter Wasser befestigen kann. Solche Saugnäpfe haben auch viele in starker Strömung lebende Tiere entwickelt. Ein wenig bekanntes, aber sehr eindrucksvolles Beispiel sind die Larven der Lidmücken (Gattung *Liponeura*). Sie wohnen in rasch fließenden Gebirgsbächen, und zwar mit Vorliebe auf den Steinen, die besonders kräftig überströmt sind. An ihrer Bauchseite tragen sie 6 Saugnäpfe, mit denen sie sich so fest anheften, daß man schon die Fingernägel zu Hilfe nehmen muß, um sie von ihrer Unterlage loszureißen (Bild 27).

Manche Tiere haben, um den Randkontakt ihres flach aufliegenden Körpers zu verstärken, an den Rändern der Unterseite Leisten- oder Borstenreihen ausgebildet. Andere, die Larven einiger Köcherfliegen zum Beispiel, verstärken

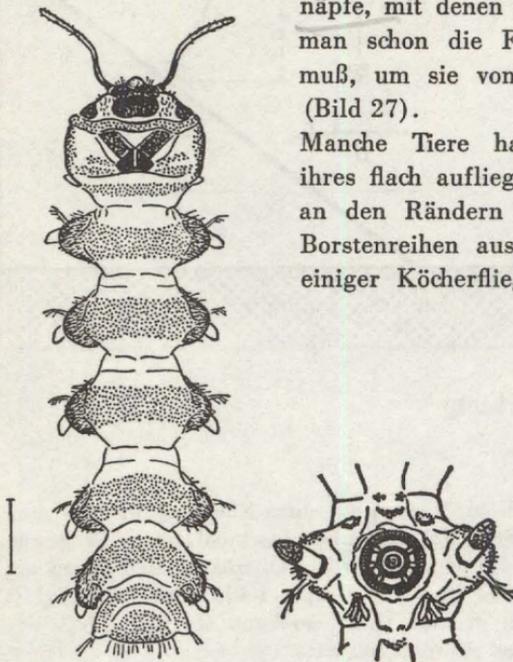
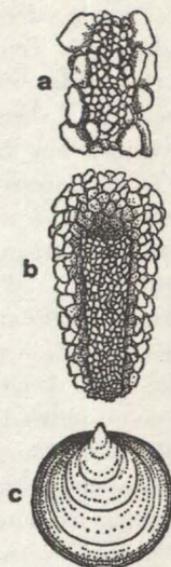


Bild 27: Die Larve der Lidmücke *Liponeura* lebt in rasch strömendem Wasser auf Steinen. Das Tier würde hilflos fortgespült werden, wäre es nicht mit Saugnäpfen besetzt, mit deren Hilfe es sich so fest an der Unterlage ansaugen kann wie ein Blutegel auf der Haut. Aus ENGELHARDT.

Bild 28: Die Larven von Köcherfliegen leben, je nach der Art, der sie zugehören, in stehendem, strömendem oder sogar in fließendem Wasser. Alle bauen sich köcherartige Gehäuse, teils aus Steinchen, teils aus Blattstückchen oder anderen Pflanzenresten, aus denen sie gewöhnlich nur Kopf und Beine herausstrecken. Die Köcherfliegenlarven, die stark strömende Gewässer bevorzugen, zeigen teilweise deutliche Anpassungen an ihren Lebensraum. So zum Beispiel beschwert *Goera pilosa* ihr Gehäuse seitlich mit größeren Steinchen (a), *Molonna angustata* (b) baut ihr ganzes Gehäuse aus Steinchen und erreicht dadurch, daß es recht schwer wird. Auch die Schale der Mützenschnecke (c) ist der Wasserströmung angepaßt.



den Randkontakt ihres Gehäuses, indem sie am Rande größere Steinchen auflagern. Überhaupt ist die Beschwerung des Wohngehäuses bei Köcherfliegenlarven ein häufiger „Trick“: Während die Planktonorganismen ihren Körper so leicht wie möglich zu machen suchen, damit er im Wasser schweben kann, beschweren diese Tiere sich noch zusätzlich, indem sie Steine in ihr Gehäuse einbauen. Mit einem Gespinst wird das Gehäuse dann noch überdies an der Unterlage festgeklebt (Bild 28). All diese Vorrichtungen, die der Gefahr, abgeschwemmt zu werden, vorbeugen sollen, finden wir keineswegs nur bei den Tieren tosender Gebirgsbäche, sondern ebenso bei den Bewohnern der Brandungszone, an den Ufern der Seen und der Meere.

## ATMUNG UNTER WASSER

Wasser ist nicht nur ein sehr gutes Lösungsmittel für viele feste Stoffe, es kann auch Gase lösen, wie zum Beispiel den Sauerstoff, den Stickstoff, das Kohlendioxid, den Schwefelwasserstoff und das Methan. Die meisten Gase entnehmen die oberflächlichen Wasserschichten der Atmosphäre;

Strömung oder Turbulenz transportieren sie dann bis in größere Wassertiefen. Ein Teil des Sauerstoffs und des Kohlendioxids, die wir im Wasser gelöst finden, entstammen allerdings nicht der Atmosphäre, sondern werden bei den Lebensprozessen der Wasserbewohner erzeugt. Wasserpflanzen scheiden bei der Photosynthese Sauerstoff ab, bei der Atmung und bei Fäulnisprozessen entsteht Kohlendioxid.

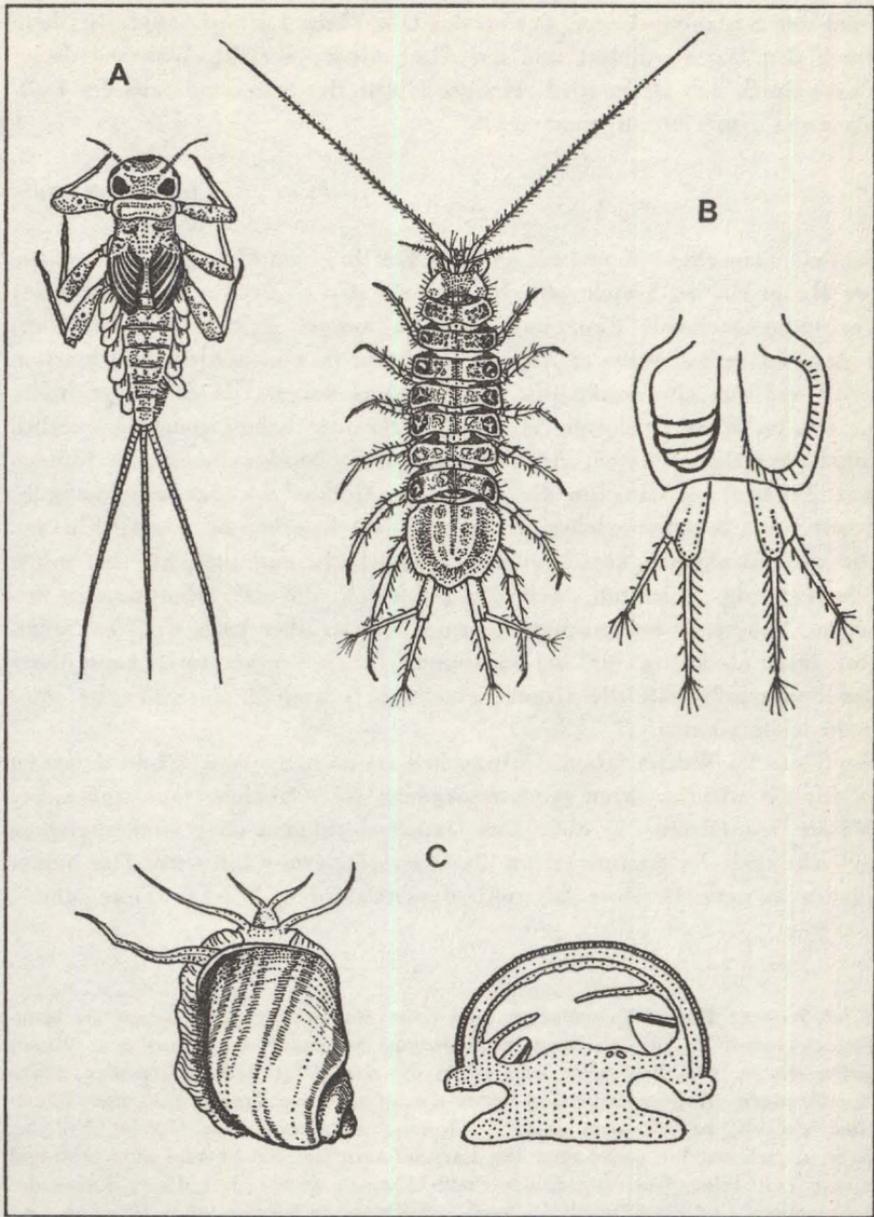
Kommt es in tieferen Schichten der Gewässer zu Fäulnisvorgängen, so entstehen Methan und Schwefelwasserstoff, Stoffwechselprodukte der Bakterien.

Tiere wie Pflanzen atmen, sie verbrauchen Sauerstoff und geben Kohlendioxid („Kohlensäure“) ab. An Land lebende Wirbeltiere haben als besonderes Atmungsorgan die Lungen ausgebildet, die Pflanzen haben ein kompliziertes Luftgangsystem in ihrem Körper und Poren an der Blattoberfläche, durch die ein Gasaustausch erfolgen kann. Wie aber atmen die Wasserorganismen? Sie müssen aus dem Wasser den gelösten Sauerstoff aufnehmen und Kohlendioxid gelöst ins Wasser abgeben. Das kann bei kleinen Tieren mit verhältnismäßig großer Körperoberfläche durch die ganze Oberfläche erfolgen; viele Tiere aber haben besondere, für den Gasaustausch im Wasser geeignete Atmungsorgane entwickelt. Wir brauchen nur an die Kiemen der Fische zu denken.

Durch die Körperoberfläche atmen alle Urtiere, Schwämme und Strudelwürmer sowie ein Teil der Ringelwürmer, einige Weichtiere und Milben.

Häufig entstehen Atmungsorgane auf Kosten anderer Organe. So haben Krebse oft anstelle ihrer Beine Atmungsorgane entwickelt, Libellenlarven haben ihren Enddarm zum Atmungsorgan „umfunktioniert“. Mit Hilfe des Darmes können auch einige Fische atmosphärische Luft atmen, zum Bei-

Bild 29: Die Atmung im Wasser stellt die Tiere vor besondere Probleme, da Wasser sehr viel weniger Sauerstoff enthält als Luft. Eintagsfliegenlarven (A) tragen am Hinterleib zwei Reihen dünner Blättchen, Tracheenkiemen, die dem Gasaustausch dienen. Die Wasserassel (B), ein primärer Wasserbewohner, atmet gleichfalls durch blattförmige Kiemen, die an der Unterseite ihres Hinterleibes dachziegelartig angeordnet sind. Obwohl diese plattförmigen Kiemen äußerlich den Tracheenkiemen der Eintagsfliegenlarve ähneln, haben sie mit ihnen nichts gemein außer der Aufgabe des Gasaustausches. Die Kugelschnecke *Ampullaria* (C) (ein schematischer Querschnitt) hat Kiemen zur Wasseratmung und Lungen zur Luftatmung.



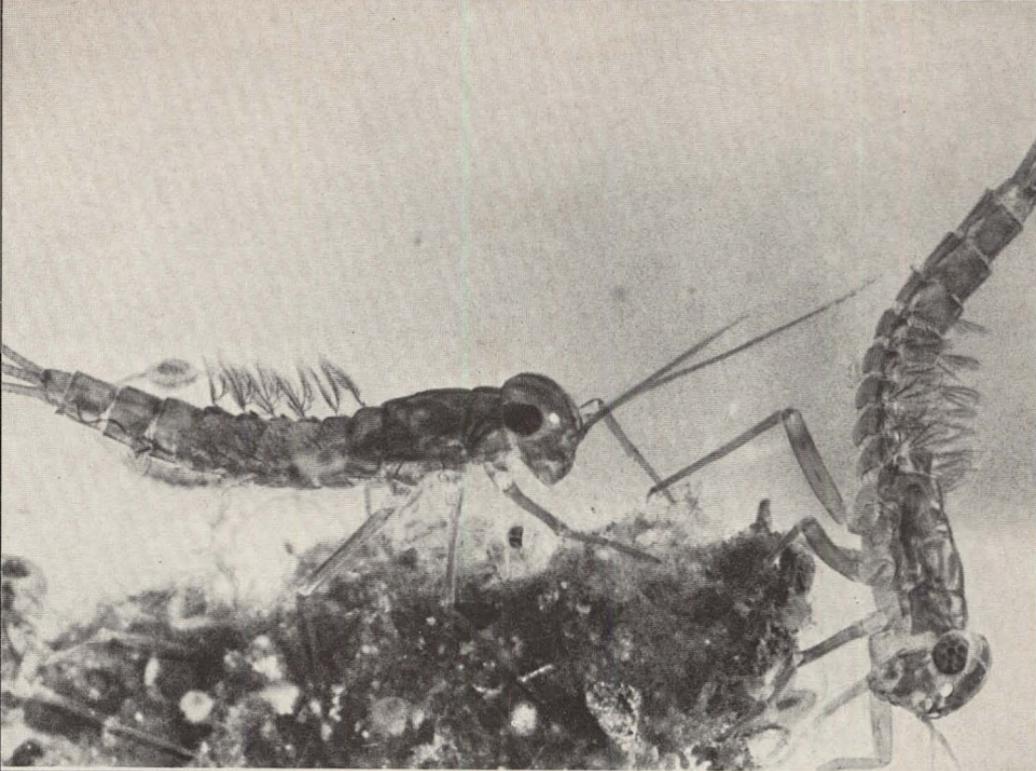
spiel der Schlammpeitzger, der an der Oberfläche Luft schnappt, die dann durch den Darm wandert und am After wieder austritt. Während dieser Phase durch den Darm wird etwa die Hälfte des Sauerstoffs aus der Luftblase von dem Tier aufgenommen.

### *Frischwasser ist lebensnotwendig*

Schließt man einen Menschen oder ein Tier in einen kleinen, nicht belüfteten Raum ein, so besteht stets die Gefahr des Erstickungstodes: Der zur Verfügung stehende Sauerstoff ist nach einiger Zeit verbraucht. Nicht anders ist es im Wasser: Wer viele Fische in einem kleinen Aquarium hält, muß für eine zusätzliche Durchlüftung sorgen, da die Tiere, wenn sie den im Wasser gelösten Sauerstoff verbraucht haben, sonst kümmerlich zugrunde gehen müßten. Auch in großen Freilandgewässern, in Flüssen und Teichen, besteht für die Tiere die Gefahr des Sauerstoffmangels. Sommer um Sommer erleben wir ja große Fischsterben in unseren Flüssen. Die mit Abwässern verschmutzten Wasserläufe enthalten an sich schon relativ wenig Sauerstoff, weil die Bakterien, die die Schmutzstoffe zersetzen, Sauerstoff verbrauchen. Warmes Wasser aber kann weniger Sauerstoff lösen als kaltes, und bei hochsommerlichen Temperaturen kann daher der Sauerstoffgehalt die Grenze erreichen, unterhalb derer Fische nicht mehr leben können.

Wo Tiere im Wasser leben, verbrauchen sie auch Sauerstoff, und daher ist es für sie wichtig, ihren Atmungsorganen stets frisches, sauerstoffreiches Wasser zuzuführen. So dient das Umherschwimmen oder Umherkriechen indirekt auch der Atmung, denn die Ortsveränderung führt das Tier immer wieder in neue Bereiche mit noch unverbrauchtem Wasser. Tiere, die in

*Tafel 5 oben:* Eintagsfliegenlarven sind echte Wasseratmer: Sie haben Tracheenkiemen entwickelt, die es ihnen ermöglichen, Sauerstoff direkt aus dem Wasser aufzunehmen. Das Bild zeigt sehr schön die dem Hinterleib ansitzenden, blättchenförmigen Tracheenkiemen, in denen die luftgefüllten Tracheen, kleinen Bäumchen ähnlich, zu erkennen sind. — *Unten:* Amphibien wie Molche, Frösche, Kröten, Salamander verbringen ihr Larvendasein im Wasser und sind während dieser Zeit reine Wassertiere, die durch Kiemen atmen. Bei dieser Larve des Kammolches sind die büscheligen, stark durchbluteten Kiemen schön zu sehen.





rasch bewegtem Wasser leben, brauchen um die Wassererneuerung natürlich weniger besorgt zu sein, zumal rasch strömendes oder sogar schießendes Wasser stets viel Sauerstoff aus der Luft aufnimmt. Anders in Tieflandgewässern, in Teichen und Seen, in deren stillen Buchten das Wasser oft bewegungslos steht. Viele Tiere, die in diesen Zonen leben, fächern mit besonderen Körperbewegungen daher ihren Atmungsorganen immer neues Wasser zu. Vielleicht hat der eine oder andere Leser schon einmal den Bachröhrenwurm *Tubifex* beobachtet: Ein kleines rotes Würmchen, das sich mit dem Vorderende in den Schlamm eingräbt, das Hinterende aber herausstreckt und ständig schlängelnd bewegt. In verschlammten Gewässern ist der Bodengrund oft rot gefärbt von Tausenden dieser Würmchen, die alle mit ihren Hinterkörpern ständig schlängelnd Wasser fächern.

Bei Muscheln tritt das Atemwasser durch eine untere Atemöffnung ein, umspült die Kiemen, passiert dabei den ganzen Schalenraum und verläßt ihn wieder durch die obere Kloakenöffnung.

Fische erzeugen den Wasserstrom, der an ihren Kiemen entlangfließt, durch eine Art Blasebalgbewegung. Sie saugen das Wasser in die Mundhöhle ein und pressen es durch die Kiemenspalten wieder nach außen.

#### *Tier und Pflanze in Atmungssymbiose*

Unter Symbiose verstehen wir das enge Zusammenleben ganz verschiedener Tier- und Pflanzenarten, wobei beide Arten aus dem Gemeinschaftsleben ihren Nutzen ziehen. Bei vielen Wasserorganismen finden wir eine sehr interessante Art der Sauerstoffversorgung, die auf Symbiose beruht. Viele Urtiere, einige Würmer, der bei Naturfreunden und Mikroskopikern berühmte Grüne Süßwasserpolymp *Chlorohydra* enthalten in ihren Körperzellen kleine, einzellige Algen in oft großer Zahl. Die Einlagerung der Algen verleiht den Wirtstieren eine grüne oder gelbgrüne Färbung. Die Algen sind vollwertige Pflanzen, die zur Photosynthese befähigt sind, also im Licht aus Kohlendioxid und Wasser organische Substanz produzieren

*Tafel 6:* Beim Gelbrandkäfer, der sich unter Wasser und in der Luft gleichermaßen gewandt bewegen kann, ist das hinterste Beinpaar durch starke Beborstung zu Ruderblättern umgebildet.

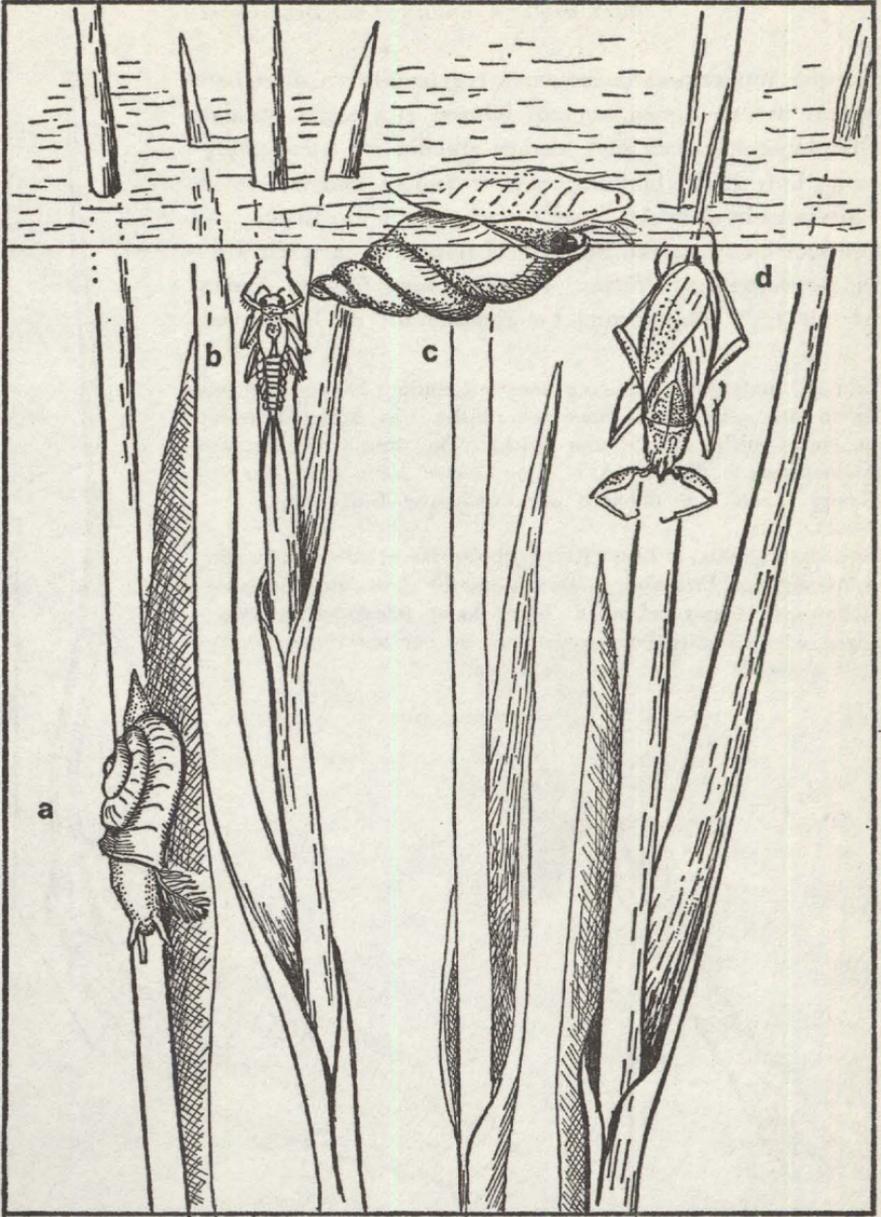
können. Bei diesem Prozeß wird Sauerstoff frei, den die Wirtstiere für ihre Atmung nützen. Umgekehrt können die Algen das Kohlendioxid, das die Tiere bei ihrer Atmung abgeben, wiederum für ihren Stoffwechsel verwerten — womit beiden geholfen wäre.

### *Wassertiere, die Luft atmen*

Die vielen hunderttausend Tierarten, die im Wasser leben, sind ganz unterschiedlich an ihren Lebensraum angepaßt, auch was ihre Atmung anbelangt. Die meisten Fische ersticken an der Luft in kurzer Zeit, manche aber, wie der berühmte Schlammpringer, verlassen regelmäßig das Wasser und unternehmen sogar ausgedehnte Wanderungen an Land. Jedermann kennt die Kellerassel, die an dunklen, feuchten Orten lebt. Wenige aber wissen, daß sie ein Krestier ist, das an und für sich ins Wasser gehört und das nur im Wasser atmen kann. Die Kellerassel hat das Problem, Landtier und Wasseratmer zugleich zu sein, elegant gelöst: In ihrem Kiemenraum trägt sie ein Tröpfchen Wasser mit sich, in dem die Kiemenblätter flottieren können. Sie hat ihren „Lebensraum Wasser“ einfach mitgenommen, als sie vor vielen Millionen Jahren das Meer verließ.

Die sekundären Wasserbewohner, also Tiere, die vom Landtier wieder zum Wassertier wurden, können meist nur atmosphärische Luft atmen. Ausnahmen sind einige wenige Wasserinsekten, die sogenannte Tracheenkiemen entwickelt haben. Die meisten im Wasser lebenden Insekten aber brauchen den unmittelbaren Kontakt mit der Atmosphäre. Dasselbe gilt für wasserlebende Lungenschnecken, und das sind in unseren Gewässern die allermeisten sogenannten Wasserschnecken. Sie müssen immer wieder an die Oberfläche kriechen oder sich hochtreiben lassen, um ihre Atemhöhle mit frischer Luft zu füllen. Wassersäugetiere wie der Wal müssen gleichfalls immer wieder an die Oberfläche aufsteigen, um zu atmen.

Bild 30: Die Wasserschnecke *Valvata piscinalis* (a) streckt ihre gefiederte Kieme gewöhnlich aus der Kiemenhöhle hervor. Eintagsfliegenlarven (b) atmen mit Tracheenkiemen, die außen an beiden Körperseiten sitzen. Die Wasserschnecke *Limnaea stagnalis* (c) kriecht an der Unterseite des Oberflächenhäutchens des Wassers und nimmt dabei atmosphärische Luft auf. Der Wasserkorpion (d) streckt seine Atemröhre über die Wasseroberfläche hinaus und nimmt mit ihr atmosphärische Luft auf.



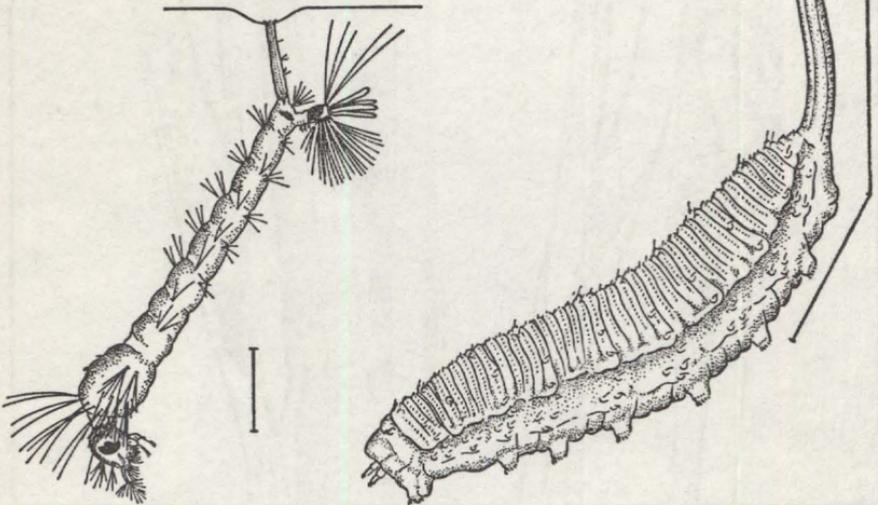
*Eine uralte Erfindung: der Schnorchel*

Manche Wasserinsekten kommen regelmäßig an die Oberfläche, um zu atmen, andere hängen sich sogar an das Oberflächenhäutchen und bleiben ständig mit atmosphärischer Luft in Verbindung, wieder andere nehmen einen Luftvorrat in einer Art Taucherglocke mit in die Tiefe.

Die kleinen schwarzen Stechmückenlarven kennen wir alle. In Regentonnen, Pfützen, vollgelaufenen Gräben finden wir sie im Frühjahr und im Sommer oft zu Tausenden.

Bild 31 (unten): Die Larven der Stechmücken hängen sich mit ihrem Atemrohr an die Wasseroberfläche. Das Atemrohr endet in einem nicht benetzbaren Trichter, in dessen Grunde die Atemöffnungen liegen. Auf diese Weise kann das Tier im Wasser leben und dennoch atmosphärische Luft atmen. Aus ENGELHARDT.

Bild 32 (rechts): Eine Rattenschwanzlarve: die Larve der Schlammfliege *Eristalomya*. Das Atemrohr dieses in sehr sauerstoffarmen Wasser lebenden Tieres kann teleskopartig ausgezogen oder eingeschoben werden und so der jeweiligen Wassertiefe angepaßt werden. Aus ENGELHARDT.



Sie tragen am Hinterleib eine Atemröhre, die in einer Art von Kelch endet. Dieser Kelch ist unbenetzbar. Die Larve hängt mit der Atemröhre an der Wasseroberfläche, der Kelch und die in ihm gelegenen Atemöffnungen sind zur freien Luft hin geöffnet. Das ist das Prinzip des Schnorchels, das diese Tiere Millionen Jahre vor den U-Bootfahrern und Sporttauchern erfunden haben.

Ein besonders langes Atemrohr hat die Larve der Schlammfliege, die danach geradezu Rattenschwanzlarve genannt wird. Dieses Tier lebt von Schlamm, den es ständig einschlürft. Das Atemrohr kann teleskopartig zusammengeschoben oder ausgezogen werden, und es kann, ausgestreckt, bis zu 10 Zentimeter lang werden. So kann die Larve die Länge ihres Atemrohrs dem jeweiligen Wasserstand anpassen.

Die Apfelschnecke *Ampullaria* lebt gewöhnlich im Wasser. Manchmal jedoch geht sie auch aufs Land und ihre Atmung ist dieser besonderen Lebensweise angepaßt: Ihre Atemhöhle ist in zwei Abschnitte geteilt; der obere dient als Lunge für die Landatmung, der untere enthält eine Kieme für die Atmung im Wasser.

### Die Taucherglocke

Verschiedene im Wasser lebende Käfer und Spinnen nehmen atmosphärische Luft mit unter Wasser. Der Gelbrandkäfer zum Beispiel streckt seinen Hinterleib aus dem Wasser heraus und nimmt dabei eine Luftblase auf, die er zwischen Hinterleib und Flügeldecken „verpackt“. In diesem Raum liegen die Atemöffnungen, die Aus-

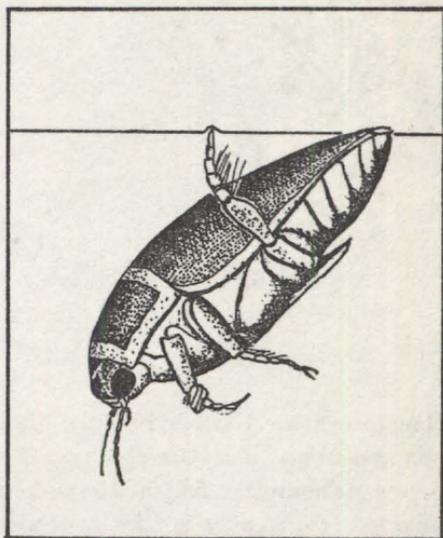


Bild 33: Der Gelbrandkäfer nimmt unter seinen Flügeldeckeln eine Luftblase mit unter Wasser und löst damit das Problem der Sauerstoffversorgung.



Bild 34: Die Erfinderin der Taucherglocke: Eine Wasser-  
spinne, die sich an Pflanzen  
eine dichte Glocke spinnt und  
sie mit Luftblasen füllt.

und Eingänge seines Tracheen-  
systems. Beobachten wir einen  
schwimmenden Gelbrand, so  
erkennen wir seinen Luftvor-  
rat als glänzendes Bläschen  
am Hinterende des Körpers.  
Ist der Sauerstoffvorrat in der  
Luftblase verbraucht, so muß  
der Käfer auftauchen und die  
Blase erneuern.

Eine stationäre Taucherglocke  
baut sich die Wasserspinne.  
Sie spinnt ihre Glocke unter  
Wasser, heftet sie an Wasser-  
pflanzen an und füllt sie mit  
Luft, die sie, Bläschen um  
Bläschen, an ihrem Hinter-  
leib von der Oberfläche zur  
Glocke transportiert. In ihrer  
Glocke kann daher die Spin-  
ne unter Wasser leben und  
dennoch Luft atmen.

#### *Luftparasiten*

Hausfrauen wie Gärtner fürchten die Blattläuse, die an Zimmer- und Nutz-  
pflanzen sitzen, das Gewebe anstechen und die Pflanzensäfte aufsaugen.  
Solche Schmarotzer finden wir auch unter Wasser: Tiere, die an Wasser-  
pflanzen saugen oder in schwimmenden Blättern Gänge graben. Und so wie

die Blattläuse Säfte saugen, saugen diese Tiere Gas aus dem Luftgang-(Interzellularen-)System an.

### *Die Atmung der Wasserpflanzen*

Bei den Pflanzen erfolgt der Gasaustausch hauptsächlich durch Poren in den Blättern, die sogenannten Spaltöffnungen, die mit einem netzartigen Luftgangsystem in Verbindung stehen, das den ganzen Pflanzenkörper durchzieht.

Die Blätter der Wasserpflanzen besitzen, wenn sie untergetaucht leben, keine Spaltöffnungen. Ihre Oberfläche aber ist für Gase sehr durchlässig, bis zu 20mal durchlässiger als bei Landpflanzen. Der gesamte Gasaustausch erfolgt durch die Oberfläche. Da im Wasser verhältnismäßig wenig Gase gelöst sind, müssen die Blätter eine möglichst große Oberfläche entwickeln. So entsteht die für Unterwasserpflanzen typische Verschmälerung, Zerschlitzung und Verzweigung der Blätter, deren Oberfläche naturgemäß um so größer ist, je stärker zerteilt die Spreite ist. Dasselbe Prinzip kennen wir ja auch von den Kiemen der Wassertiere her, die oft in Bäumchen und Blättchen gegliedert sind.

Anders bei Pflanzenorganen, die an der Wasseroberfläche oder über Wasser direkt mit der Atmosphäre in Verbindung stehen. Das sind zum Beispiel die Schwimmblätter von Wasserpflanzen, die der Oberfläche aufliegen. Sie besitzen an ihrer Oberseite Spaltöffnungen, die einen Gasaustausch ermöglichen. Häufig sind solche Schwimmblätter oberseits mit einem wachsartigen Überzug bedeckt, der überflutendes oder aufspritzendes Wasser abweist. Demselben Zweck – Verhinderung der Überflutung – dienen die hochgebogenen Blattränder mancher Wasserpflanzen, zum Beispiel der berühmten und jedermann aus botanischen Gärten bekannten *Victoria regia*.

Wir haben vorher schon gesehen, daß die unter Wasser lebenden höheren Pflanzen als Besonderheit stark entwickelte Luftgänge zwischen den Gewebszellen aufweisen. Insgesamt stellt dieses System eine weitverzweigte, geschlossene Luftblase dar, die wir mit einem geschlossenen Tracheensystem bestimmter Fliegenlarven vergleichen könnten. Es dient sowohl der Atmung als auch der Stabilisierung der Blätter und Stengel im Wasser.

Bei Belichtung geben Wasserpflanzen wie Landpflanzen Sauerstoff ab – sie assimilieren. Der Sauerstoff, den die Wasserpflanzen produzieren, löst

sich normalerweise sofort im umgebenden Wasser, und nur wenn eine Pflanze verletzt ist, sehen wir, wie aus der Wunde gasförmiger Sauerstoff hochperlt. Nicht selten kommt es bei starker Belichtung großer Wasserpflanzenbestände vor, daß das Wasser mit Sauerstoff übersättigt wird, daß es also mehr Sauerstoff enthält als es normalerweise überhaupt lösen kann. Das ist übrigens oft ein Zeichen einer Überdüngung des Wassers: Reichlich vorhandene Düngestoffe — etwa aus häuslichen Abwässern — bedingen ein starkes Algenwachstum mit hoher Sauerstoffproduktion.

## LICHT IM WASSER

Auch das Licht spielt im Wasser eine sehr große Rolle, vor allem für das Leben der Pflanzen. Für die Photosynthese — die Bildung organischer Substanz aus Kohlendioxid und Wasser — brauchen die Pflanzen Licht als Energiequelle. Während der Nacht verbrauchen aber auch die Pflanzen den Sauerstoff, da sie ebenso wie die Tiere Sauerstoff veratmen. So sind sie tagsüber für die Tiere wichtige Sauerstoffproduzenten, werden in der Nacht aber zu Atmungskonkurrenten.

So ist also das Licht ein Faktor, der den Gashaushalt von Flüssen, Seen und Meeren wesentlich beeinflußt. Da alle Tiere direkt oder indirekt von Pflanzen leben, hängen auch sie vom Licht ab.

Das Sonnenlicht dringt nur in die oberen Wasserschichten ein. Schon an der Oberfläche wird ein Teil des einfallenden Lichtes reflektiert, und zwar um so mehr, je tiefer die Sonne steht. Daher ist im Wasser der Tag kürzer, die Nacht länger als auf dem Lande.

Die tiefer ins Wasser eindringenden Strahlen werden mit zunehmender Tiefe immer mehr geschwächt. Zwei Vorgänge spielen dabei eine Rolle: Absorption und Zerstreuung. Die oberen Wasserschichten „verschlucken“ die langwelligen Strahlen, also das Infrarot. Schon wenige Zentimeter unterhalb der obersten Wasserschicht finden wir kein Infrarot, also keine Wärmestrahlung mehr vor. Theoretisch könnte nun in einem seichten Gewässer die verbleibende Lichtstrahlung fast ungeschwächt durch den Wasserkörper bis zum Boden gelangen. Praktisch enthält das Wasser aber stets

verschiedene Stoffe gelöst, die Licht absorbieren und reflektieren, und zwar vor allem die kurzen Wellenlängen wie Ultraviolett und Blau. Die Folge: Manche Gewässer erscheinen uns blau gefärbt. Trübungen durch organische oder anorganische Stoffe zerstreuen das Licht und schwächen es dadurch.

In tieferen Wasserregionen herrscht stets nur Dämmerung oder gar vollständige Finsternis.

Im Meer führt die Abnahme der Lichtintensität mit zunehmender Tiefe zu einer Unterteilung der im freien Wasser schwebenden Planktonlebewesen. In der obersten, gut durchlichteten Zone gedeihen vor allen Dingen Algen; hier erfolgt der weitaus größte Teil der gesamten Photosynthesetätigkeit. Diese Schicht, in der vorwiegend Algen leben, reicht im Meer bis zu einer Tiefe von etwa 80 Metern. Wir nennen das in dieser Schicht vorkommende Plankton „Lichtplankton“. (Prinzipiell dieselben Verhältnisse gelten auch für das Süßwasser, doch sind Süßgewässer nur selten so tief, und sehr häufig sind sie trüber und daher weniger lichtdurchlässig als das Meer.)

Bis zu einer Tiefe von 400 bis 500 Metern folgt dann eine Halblichtzone oder Dämmerregion. Das hier lebende „Dämmerungsplankton“ geht höchstens bis zu einer Tiefe von etwa 500 Metern, in der es nur noch violette Strahlen gibt. Noch tiefer trifft man keine Pflanzen mehr an.

Nahezu finster ist die folgende Zone bis etwa 1500 Meter Tiefe. Hier leben nur noch Tiere, die man „Finsternisplankton“ nennt.

Der letzte, dunkle und lichtlose Bereich reicht in die Tiefsee hinein.

Die Grenzen dieser Tiefenzonen sind natürlich nicht fest, sie verändern sich von Meer zu Meer und sind auch vom Breitengrad abhängig. Stets aber können wir die Schichtung in eine beleuchtete, eine schwach beleuchtete und eine nicht beleuchtete Zone mit den dazugehörenden Lebensgemeinschaften klar unterscheiden.

### *Licht und Fortbewegung*

Wenn wir beim Zoohändler eine Portion Wasserflöhe kaufen und sie in ein am Fenster stehendes Aquarium schütten, so werden wir nach kurzer Zeit beobachten, daß sich die wimmelnde, tanzende Schar an der dem Licht zugewandten Seite ansammelt. Solche gerichtete Bewegungen zum Licht hin oder vom Licht weg finden wir bei vielen Wasserorganismen. Man spricht von Phototaxis.

Nicht nur Planktonlebewesen, sondern auch festsitzende oder langsam wandernde Organismen führen solche lichtabhängigen Bewegungen durch. Viele Organismen, die so klein sind, daß wir das Einzellebewesen nur unter dem Mikroskop sehen können, wandern Tag um Tag in höhere und in tiefere Schichten des Wassers. Das Ausmaß dieser Höhen- und Tiefenbewegungen ist oft erstaunlich groß. Manche Lebewesen halten sich tagsüber in einer ganz bestimmten Tiefe auf. Sobald es dämmt, wandern sie nach oben; andere wiederum finden wir tagsüber in den oberen Zonen, bei Nacht sinken sie in die Tiefe ab.

In Alpenseen, die sehr klar und durchsichtig sind, beträgt die tägliche Höhen- bzw. Tiefenwanderung 40 bis 50 Meter. Das Maximum der Tiefenwanderung des Wasserfloh *Daphnia hyalina* liegt im Vierwaldstätter See bei 60 Meter pro Tag.

Lebewesen, die so vom Licht abhängig sind, müssen natürlich in irgendeiner Weise das Licht wahrnehmen können. Höhere Organismen haben dazu die Augen, aber schon bei ganz primitiven, einzelligen Lebewesen finden wir manchmal lichtempfindliche Partien des Zellplasmas, zum Beispiel beim berühmten Augentierchen *Euglena*.

## LEBENSRAUM UND ANPASSUNG: DAS GRUNDWASSER

### *Leben in ewiger Finsternis*

Regen- und Schmelzwasser versickert im Erdreich und gelangt immer tiefer unter die Erdoberfläche. Dieses Grundwasser füllt Klüfte und Spalten der Gesteine, Hohlräume in den Felsschichtungen, durchsetzt alle lockeren und losen Ablagerungen. Je nach dem Untergrund bildet es gewaltige zusammenhängende Wassermassen, unterirdische Rinnsale, Ströme und Seen. Auch unter diesen eigenartigen Bedingungen finden wir Leben.

Die erstaunlich reichhaltige Lebewelt in diesen unterirdischen Gewässern ist von der immerwährenden Dunkelheit geprägt. Grüne Pflanzen, die für ihre Assimilationstätigkeit Licht benötigen, können hier nicht leben. Nur in Höhlen, in die von außen her ein wenig Licht eindringen kann — oft

weniger als unser menschliches Auge wahrzunehmen vermag — gedeihen Pflanzen, die sich an diese extreme Lichtarmut angepaßt haben: blauschimmernde Algenüberzüge und glimmendes Leuchtmoos finden wir hier.

### *Eine Welt ohne Farbe*

Die Tiere dieser Unterwelt bilden keine Farbpigmente aus. Mit ganz wenigen Ausnahmen sind sie weiß. Einige Arten kommen sowohl im Grundwasser als auch in Oberflächengewässern vor. Hier fällt der Unterschied in der Ausfärbung besonders auf: Die im Grundwasser gefangenen Tiere — man erbeutet sie durch Bohrungen, in Höhlengewässern und Grundwasserbrunnen — sind völlig farblos, ihre im Licht lebenden Artgenossen aber normal gefärbt. Als Beispiel nennen wir den Flohkrebs (*Gammarus pulex*), der in vielen Bächen massenhaft auftritt und die wesentliche Nahrung der Forellen ist, den wir aber auch im Grundwasserbereich finden. Im Licht ist dieses Tier gelbgrün gefärbt, die unterirdisch lebenden Artgenossen aber sind schneeweiß. Manche dieser Grundwassertiere entwickeln sogar wieder Pigmente, wenn man sie bei Tageslicht züchtet, zum Beispiel der berühmte Grottenolm.

### *Blinde Tiere im dunklen Lebensraum*

Ein schlecht sehendes oder blindes Tier ist normalerweise gegenüber seinen Artgenossen so benachteiligt, daß es gar nicht zur Fortpflanzung gelangt, beziehungsweise eine geringere Nachkommenzahl haben wird als seine gut sehenden Konkurrenten. Im Grundwasser dagegen, in dem es ohnedies nichts zu sehen gibt, bedeutet die Sehkraft keinen Vorteil für die Erhaltung der Art. Wir finden daher sehr viele Grundwasser- und Höhlentiere, deren Augen rückgebildet sind. Bei den Zoologen berühmt sind in dieser Hinsicht die amerikanischen Höhlenfische aus der Familie der Amblyopsiden. Von einigen nahe miteinander verwandten Arten lebt die eine im freien Oberflächenwasser, eine andere im Halbschatten in Quellen unter Steinen, weitere Arten aber halten sich nur in Höhlengewässern auf. Die Augen der unterirdisch lebenden Fische sind fast völlig rückgebildet.

Licht und Dunkelheit, Wärme und Kälte sind für die meisten Land- und Wasserlebewesen die natürlichen Zeitgeber. Sie sind gewissermaßen die Uhr, nach der Tiere und Pflanzen sich richten: Am Tage zwitschern die Vögel, in der Dämmerung und bei Nacht werden Mäuse und Käuzchen, Katzen und Nachtfalter aktiv. Wenn es herbstlich kühl wird, werfen die Bäume ihre Blätter ab, im Frühjahr blühen die ersten Blumen schon nach wenigen warmen Tagen.

Das Grundwasser kennt diese Zeitgeber nicht. Seine Temperatur ist gleichmäßig niedrig, sommers wie winters, es ist, wie die Fachleute sagen, stenothermes Kaltwasser.

Diese jahrein, jahraus völlig gleichmäßigen Verhältnisse wirken sich auch auf die Fortpflanzung der Grundwassertiere aus. Bei den Tieren in Oberflächengewässern sind Geschlechtsreife und Vermehrung fast stets an eine ganz bestimmte Jahreszeit gebunden. Bei Höhlenbewohnern dagegen — Höhlenfischen wie Höhlenkrebse — finden wir das ganze Jahr hindurch geschlechtsreife Tiere und Junge.

#### *Wovon leben die Grundwasserorganismen?*

Die Urproduzenten in der Nahrungskette sind überall auf der Erde die grünen Pflanzen. In unterirdischen Gewässern können sie nicht leben, und wir fragen uns daher, was denn die Höhlentiere verzehren.

Das Grundwasser ist nicht völlig frei von organischer Substanz. Auf seinem Sickerweg durch den Boden nimmt es viele Stoffe mit, winzige Teilchen abgestorbener Pflanzen, abgelagerten Blütenstaub, Reste von bodenlebenden Mikroorganismen. Das ist freilich nicht viel, und von dem Wenigen leben einige Tierarten, auf deren Speisekarte verwesenes und verwesendes Material steht, sogenannter Detritus. Von diesen Vegetariern und Aasverzellern wiederum lebt eine größere Zahl von Fleischfressern. Insgesamt freilich ist die Besiedlung des Grundwassers nur sehr dünn, weil dieser Lebensraum eben extrem nahrungsarm ist. Die Nahrungsknappheit mag es auch sein, die die generell geringe Körpergröße der Grundwasserbewohner bedingt. So sind die hier lebenden Schneckenarten samt und sonders nur wenige Millimeter groß.

Gelangt organisch verunreinigtes Abwasser ins Grundwasser, so wird damit das Nahrungsangebot ungemein erhöht, und die Folge ist oft eine ganz erhebliche Zunahme der Grundwasserbewohner. In Brunnen oder Wasserfassungen können dann diese seltsamen Tiere oft in großer Menge auftreten.

### *Das Grundwasser ist sauerstoffarm*

Das Grundwasser ist von der freien Luft weitgehend abgeschlossen. Das Regenwasser ist zwar zunächst sauerstoffgesättigt, aber während es durch die oberen Humusschichten sickert, entnehmen ihm die Mikroorganismen des Bodens und die Wurzeln der Pflanzen sehr viel Sauerstoff. In den Untergrund gelangt daher recht sauerstoffarmes Wasser, und die Flora und Fauna dieses Lebensraumes muß mit sehr wenig Sauerstoff auskommen können.

## VON DER QUELLE ZUM SEE

### *Die Quelle*

Als Quelle tritt das Grundwasser aus dem Untergrund ans Tageslicht. Es gibt beckenartige Quellen, Stauquellen und Tümpelquellen, die von unten her gefüllt werden und an deren Überlauf der Quellbach beginnt. Sturzquellen ergießen sich auf waagerechte oder fallende Schichten, vor allem an Berghängen, Sicker- oder Sumpquellen lassen das Wasser auf breiter Fläche zu Tage treten und führen zu Versumpfungen.

In diesen Quellgebieten finden wir wie im Grundwasser Tiere und Pflanzen, die an gleichmäßig niedere Temperatur angepaßt sind. Das Quellwasser ist ja zu Tage tretendes Grundwasser und ist zunächst kaum wärmer als dieses. Je nach der Lage und Art der Quelle kann aber eine intensive Sonneneinstrahlung schon das austretende Wasser so stark erwärmen, daß sich auch dort eine Tier- und Pflanzenwelt zusammenfindet, die recht unterschiedliche Temperaturansprüche stellt.

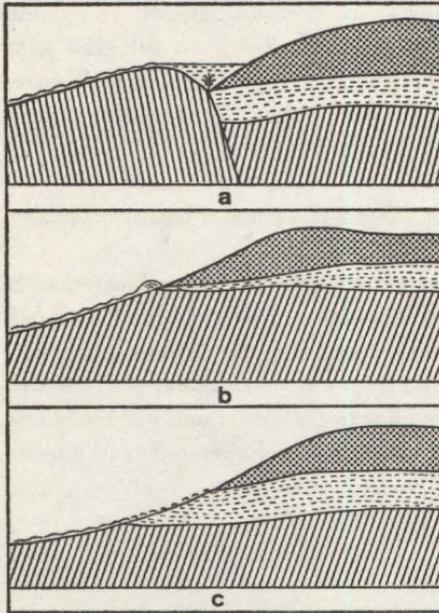
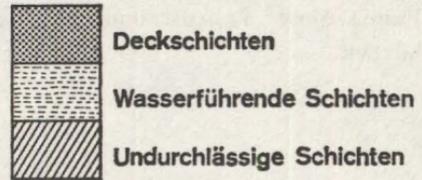


Bild 35: Das Grundwasser kommt in der Quelle wieder zu Tage; je nach der Austrittsstelle ergeben sich dabei ganz verschiedene Bedingungen für die „quelltypische“ Lebewelt.

- a Stauquelle
- b Sturzquelle
- c Sickerquelle



### Das Wechselspiel von Kalk und Kohlensäure

Das Regenwasser nimmt aus der Luft Kohlendioxid auf. Das Gas löst sich im Wasser und dabei entsteht Kohlensäure. Dringt nun das Regenwasser in den Boden ein, so nimmt es dort weiteres Kohlendioxid auf, das in der Humusschicht infolge der Atmung der zahlreichen Mikroorganismen reichlich vorhanden ist. So belädt sich das einsickernde Wasser immer mehr mit Kohlendioxid. Dringt es dann in die tieferen mineralischen Bodenschichten ein, so trifft es meist auf Kalk, der an und für sich wenig wasserlöslich ist. Enthält das Wasser jedoch Kohlensäure, so geht Kalk in größerer Menge in Lösung: Das Wasser wird kalkhaltig. Der Kalk (genauer Kalziumhydrogenkarbonat) steht dabei in einem Gleichgewicht mit der Kohlensäure. Nur wenn noch eine gewisse überschüssige Menge von Kohlensäure im Wasser gelöst bleibt, kann auch das Kalziumhydrogenkarbonat gelöst vorliegen, andernfalls fällt es wieder als fester Kalk aus. Diese freie Kohlensäure, die mit dem Kalziumhydrogenkarbonat im Gleichgewicht

steht und daher Gleichgewichtskohlensäure genannt wird, kann keinen weiteren Kalk auflösen. Erst wenn weitere, die Gleichgewichtsmenge übersteigende Kohlensäure hinzukommt, kann wieder Kalk gelöst werden, weshalb man diese zusätzliche Kohlensäure auch aggressive Kohlensäure nennt.

Wird dem Wasser nun durch irgendeinen Vorgang der Überschuß an Kohlensäure entzogen, so fällt das Kalziumhydrogenkarbonat als kohlensaurer Kalk wieder aus. Dieser Vorgang spielt eine sehr große Rolle, wenn Grundwasser beim Quellaustritt an die Luft gelangt. Der Kohlensäuregehalt des Wassers gleicht sich mit dem der Luft aus: Gleichgewichtskohlensäure entweicht und Kalk fällt aus. Ist ein Quellwasser sehr reich an Kalk, so finden wir daher unterhalb der Quelle im Bachbett, auf den Steinen, auf Blättern und Moosen und sogar auf Tieren dichte Krusten von ausgefälltem Kalk.

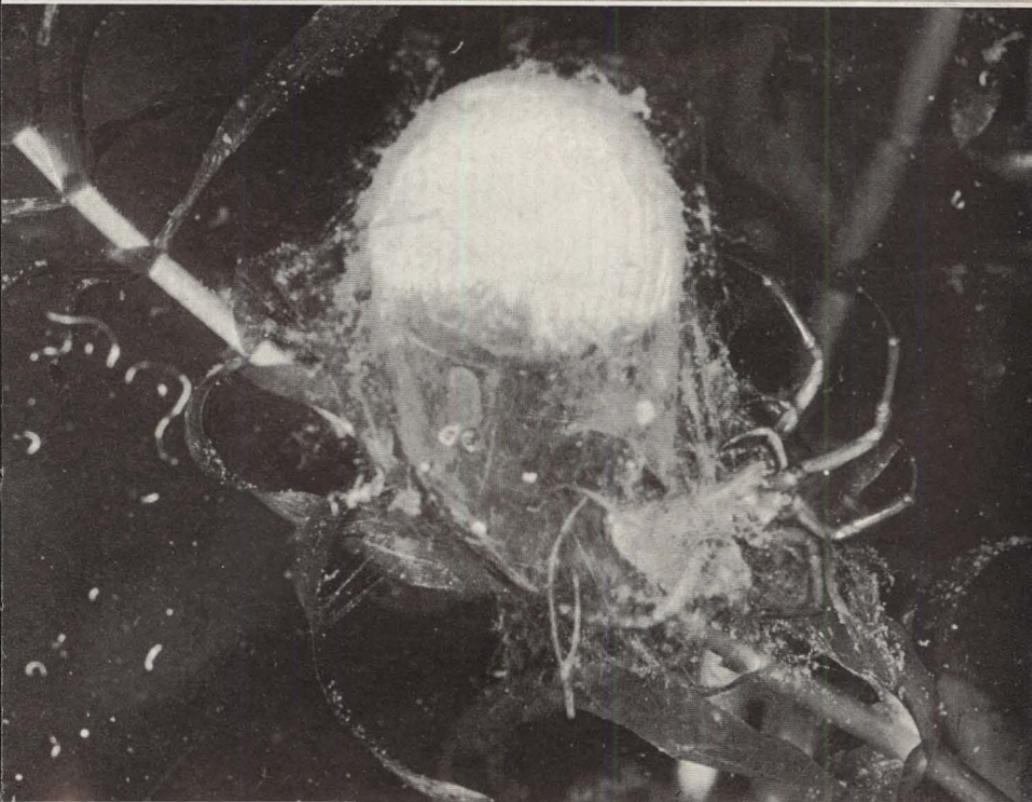
Im Laufe der Jahrtausende können solche Kalkablagerungen aus kalkhaltigen Quellen große Felsen aus Kalkstein bilden, zum Beispiel den berühmten Travertin von Rom oder den „Sauerwasserkalk“ von Bad Cannstatt.

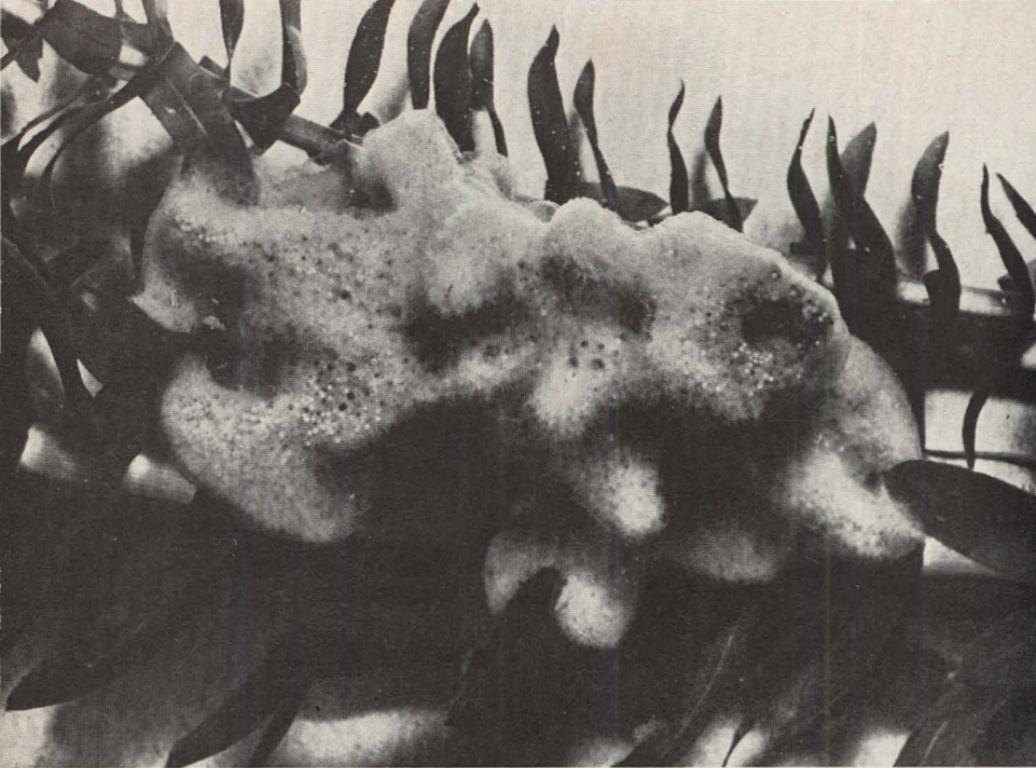
Die Mehrzahl unserer Binnengewässer sind natürliche Lösungen von doppelkohlensaurem Kalk (Kalziumhydrogenkarbonat). In ihnen spielt stets das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht eine große Rolle. Es verändert sich unter dem Einfluß der pflanzlichen und tierischen Stoffwechselforgänge, wobei wiederum von allergrößter Bedeutung die Photosynthese der Pflanzen ist. Ausgangsstoff der Photosynthese ist ja das gasförmige Kohlendioxid. Auch Wasserpflanzen nehmen zunächst das gelöste freie Kohlendioxid auf, das aber während der Assimilation ziemlich rasch verbraucht wird. Steht kein freies Kohlendioxid im Wasser mehr zur Verfügung, so greifen die Pflanzen das im Kalziumhydrogenkarbonat gespeicherte Kohlendioxid an. Das bedeutet: Das Kalziumhydrogenkarbonat zerfällt in Kohlendioxid (das von den Pflanzen verwertet wird) und in kohlensauren Kalk, der sich dann als Kruste auf vielen untergetaucht lebenden Pflanzen absetzt. Wir kennen diese Erscheinung von den Laichkräutern, der Wasserpest oder auch von dem so feinverzweigten Tausendblatt. So erklärt sich auch das teilweise starre und sehr bizarre Aussehen der Unterwasserpflanzen in manchen Gewässern.



Bild 36: Typische Quellbewohner: Oben Wassermilbe, unten eine Köcherfliegenlarve.

*Tafel 7* oben: Eine Amöbe ist ein einzelliges Lebewesen ohne feste Gestalt: Sie kriecht, indem sie ihren ganzen Plasmaleib in sogenannte Scheinfüßchen, die immer wieder von neuem gebildet werden, ergießt. Amöben sind frei bewegliche Organismen, die aber stets ein festes Substrat aufsuchen, zum Beispiel bewachsene Steine, verrottende Pflanzenblätter, Stengel von Wasserpflanzen. — Unten: Eine Wasserspinne mit ihrer Taucherglocke. Das Tier spinnt unter Wasser an Pflanzenstengeln ein glockenförmiges Gebilde, das es mit atmosphärischer, von der Oberfläche herabgeholter Luft füllt.





Die Tiere des Quellgebietes sind meist klein. Wir finden typische Quellschnecken, Käfer, die nur in Quellgebieten leben, Köcherfliegen, Wassermilben und viele andere. Die ausgeglichenen Temperaturverhältnisse bedingen, daß die Quellinsekten ihre Entwicklung zum geflügelten Tier sehr früh im Jahresverlauf, spätestens bis zum Frühsommer, durchmachen. Ende Juni fliegt kaum mehr ein Quellinsekt, aber schon im Februar finden wir flugfähige Tiere. Im Winter ist nämlich das Quellwasser im Verhältnis zu seiner Umgebung relativ warm, und daher können sich die im Quellwasser lebenden Larven der Insekten während des Winters weiterentwickeln, so daß sie schon im frühen Frühjahr schlüpfen können.

Neben echten Quellbewohnern finden wir in den Quellen auch eingewanderte Fremdlinge. Die eigentlichen Quelltiere sind Stillwasserbewohner, denn vor allem bei beckenartigen Quellen ist die Strömung nur gering. An Stellen, an denen das Wasser fließt, vor allem bei flach austretenden Hangquellen, finden wir aber auch strömungsliebende Tiere, die aus den Bachausläufen in das Quellgebiet einwandern.

*Der Quellbach*

Der Schwere folgend fließt das Quellwasser bergab und bildet bald durch Erosion ein Bachbett, in dem es, gischtend Steine überspringend, zu Tal schießt oder strömt.

Im stark strömenden Wasser der Gebirgsbäche finden wir Tiere, die sich besondere Vorrichtungen geschaffen haben, um ihre Nahrung zu erwerben, ohne dabei fortgeschwemmt zu werden. Es ist für diese Tiere gar nicht

*Tafel 8 oben:* Ein festgewachsenes Tier, das zu keiner aktiven Fortbewegung fähig ist: Ein Süßwasserschwamm, den wir in Altwassern und Weihern den Sommer über häufig finden können. Meistens werden diese Tiere übersehen oder gar nicht als Tiere erkannt. — *Unten:* Festsitzende, einzellige Tiere sind die schönen, allerdings nur unter dem Mikroskop sichtbaren Glockentiere. Sie können sich jedoch, wenn die Lebensbedingungen ungünstig werden, von ihrem Stiel lösen und frei im Wasser schwimmen.

einfach, sich in der Strömung auf Jagd zu begeben. Sie sind daher zu Fallenstellern geworden.

### *Tiere, die Fallen stellen*

Dort, wo im Bach Pflanzen wachsen, Algen- und Quellmoosrasen, fangen sich allerlei mit dem Wasser herbeigeführte Stoffe zwischen den Pflanzen wie in einem Filter. In diesen Pflanzenbeständen wohnen daher viele Tiere, die sich hier relativ leicht ernähren können, ohne spezielle Fangeinrichtungen zu bauen.

Anders als die Bewohner der Pflanzenpolster haben Ernährungsspezialisten diese von Pflanzen gebildeten natürlichen Filter durch künstliche Gebilde ersetzt, die sie sich selbst schaffen: Sie bauen sich Filter oder Reusen.

Es gibt Köcherfliegenlarven, die richtige Fangnetze in Form von Trichtern und Säcken aus einem sehr dichten, seidenartigen Gewebe weben. Die große Öffnung dieser Netze ist gegen die Strömung gerichtet. Das Wasser entfaltet die Trichter oder Säcke und spült von der Strömung herangeführte Nahrungsteilchen hinein. Am schmalen Ende des Netzes sitzt dann die Larve, der so die Nahrung zugetragen wird, ohne daß sie sich selbst bewegen müßte.

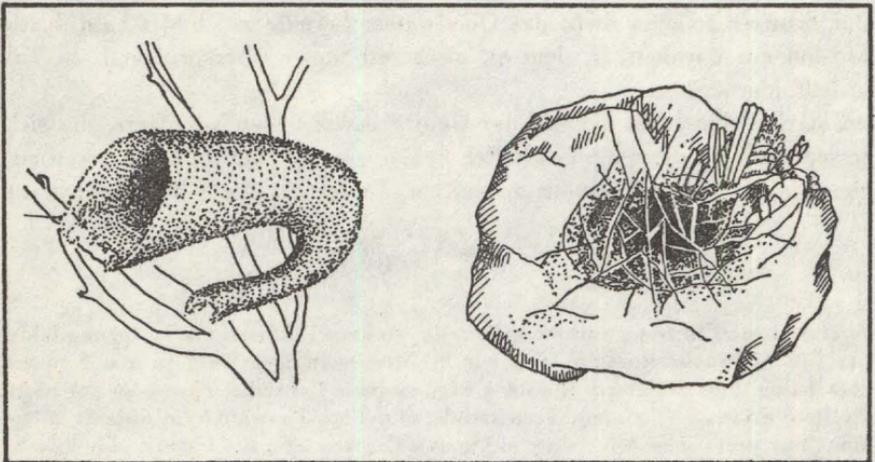


Bild 37: Reusen und Netze: Fangvorrichtungen verschiedener Köcherfliegenlarven.

Der Bach wächst langsam zum Fluß, Strom oder See an: Seitenbäche führen ihm immer mehr Wasser zu, das Bett verbreitert und vertieft sich, das Gefälle vermindert sich, Temperaturschwankungen werden verzögert. Das Gewässer „Bach“ verändert dabei vollständig seinen Charakter und gewinnt eine ganz andere Lebewelt.

Die uns aus Bächen und Quellen bekannten kälteliebenden Tierarten verschwinden, andere treten an ihre Stelle. Die Lebewelt wird reichhaltiger: Immer mehr Pflanzen, Urtiere und Bakterien gesellen sich ihr zu. Vor allem die Bakterien greifen in den Stoffkreislauf ein, da sich im langsam strömenden oder fast stillstehenden Wasser immer mehr organische Substanz ablagert, die das ureigenste Gebiet bakteriellen Lebens im Gewässer bildet. Bakterien zersetzen die Reste abgestorbener Tiere und Pflanzen, es kommt zu Fäulnis und Verwesung, sie setzen aus der organischen Substanz Kohlensäure frei, sie bauen sie ab bis zu den Mineralsalzen, die dann ihrerseits wieder als Düngestoffe für die grünen Pflanzen, vor allem für die Algen dienen.

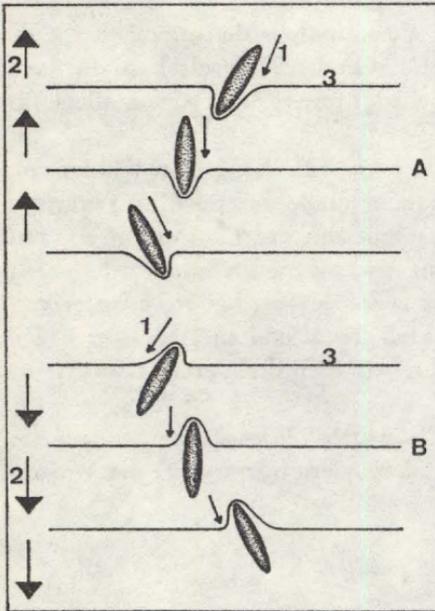
Kaum ein Fluß fließt in gerader Linie zu Tal. Er bildet Windungen, Mäander, die vom reibenden Wasser immer tiefer eingeschliffen werden, bis es dann zum Durchbruch kommt, womit sich der Fluß ein neues, verkürztes Bett schafft. Der ehemalige Lauf wird nur noch wenig durchflossen; er nimmt den Charakter eines Teiches oder Sees an, bis er entweder verlandet oder sich schließlich ganz vom Fluß trennt und als Altwasser liegen bleibt. In diesen Altwasserzonen finden wir ähnliche Verhältnisse wie in Seen oder Teichen.

Im ruhigen Wasser — in langsam fließenden Flüssen oder Strömen, in Seen oder Tümpeln sind zwei Bereiche besonders interessant: die Wasseroberfläche und der Boden.

## DREI SIEDLUNGSRÄUME: OBERFLÄCHE, FREIES WASSER, BODEN

### *Die Wasseroberfläche*

In ruhigem Wasser — in großen Flüssen, in Buchten oder Altwässern, in Teichen oder Seen finden wir an der Oberfläche einen Lebensraum besonderer Art. Hier lebt die Organismenwelt des Oberflächenhäutchens. Die freie Oberfläche des Wassers bildet eine Art gespanntes Häutchen, das ständig bestrebt ist, seine Fläche möglichst klein zu halten. Es sind molekulare Kräfte, die hier wirksam werden. Legen wir eine glatte Scheibe aus einem benetzbaren Stoff auf die Wasseroberfläche, so wird sie in das Wasser hinabgezogen. Besteht die Scheibe aber aus einem nicht benetzbaren Stoff, so wird der Wasserspiegel bestrebt sein, sie aus dem Wasser herauszuheben.



- 1 Eintauchrichtung
- 2 Oberflächenspannung
- A Unbenetzbare Körper
- B Benetzbare Körper
- 3 Oberflächenhäutchen

Bild 38: Benetzbare und unbenetzbare Körper. Taucht ein unbenetzbarer Körper ins Wasser, so wirkt die Spannung des Oberflächenhäutchens der Eintauchrichtung entgegen und hebt den Körper wieder an die Oberfläche. Benetzbare Körper dagegen durchdringen rasch das Oberflächenhäutchen, das sich über ihnen schließt und sie ins Wasser hindrückt.

## *Spaziergang auf dem Wasserspiegel*

Jedermann hat schon die flinken Wasserläufer beobachtet, die auf ruhigen Wasserflächen umherhuschen. Sie können sich auf dem Oberflächenhäutchen so hurtig bewegen wie Mäuse auf dem Ackerboden. Ihre Körperoberfläche ist nicht benetzbar, und daher werden sie nicht ins Wasser hineingezogen. Auch der Taumelkäfer, dessen interessante Ruderbeine wir schon kennengelernt haben, ist nicht benetzbar. Dennoch schwimmt er unter Wasser. Er kann das Oberflächenhäutchen durch aktive Schwimmbewegungen durchdringen. Nähert er sich wieder der Oberfläche, so zieht ihn das Oberflächenhäutchen regelrecht an und ermöglicht es ihm, sich auch auf dem Wasser zu bewegen. Wasserläufer und Taumelkäfer werden also gar nicht naß, selbst wenn sie unter die Wasseroberfläche tauchen. Viele Wasserwanzen und andere Wasserinsekten verlassen nachts das Wasser und können dann ohne weiteres abfliegen, da ihre unbenetzbare Körperoberfläche völlig trocken bleibt.

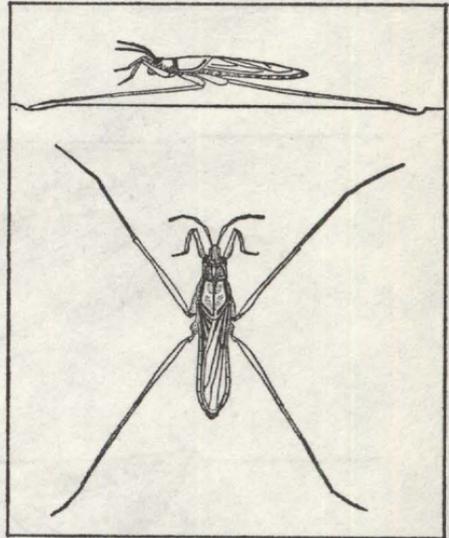


Bild 39: Spaziergänger auf der Wasseroberfläche: Ein Wasserläufer.

### *Benetzbare Tiere*

Viele kleine Käfer, die im Wasser leben, nehmen einen Luftvorrat mit unter Wasser. Damit werden sie leichter als das Wasser, sie werden hochgetrieben und müßten auftauchen, wären ihre Beine und der Rücken nicht

vom Wasser benetzbar. Da bei ihnen aber Rücken und Beine benetzbar sind, können sie ohne Schwierigkeiten sowohl unter dem Oberflächenhäutchen als auch im tieferen Wasser schwimmen. Drehen sich diese Käfer nun so, daß ihr Rücken nach unten zu liegen kommt, so können sie sich mit ihren Beinen von unten her gegen das Oberflächenhäutchen abstützen und regelrecht an diesem entlanglaufen.

Bei Stechmückenlarven ist der ganze Körper benetzbar. Am Ende ihrer Atemröhren aber besitzen sie eine Art von Kelch, der unbenetzbar ist und von der Oberflächenspannung über den Wasserspiegel hinaus gehoben

Bild 40: Benetzbare Tiere können sich auch unterhalb des Oberflächenhäutchens bewegen und regelrecht an ihm entlang kriechen. Oben die Wasserschnecke *Limnaea*, unten ein Rückenschwimmer.

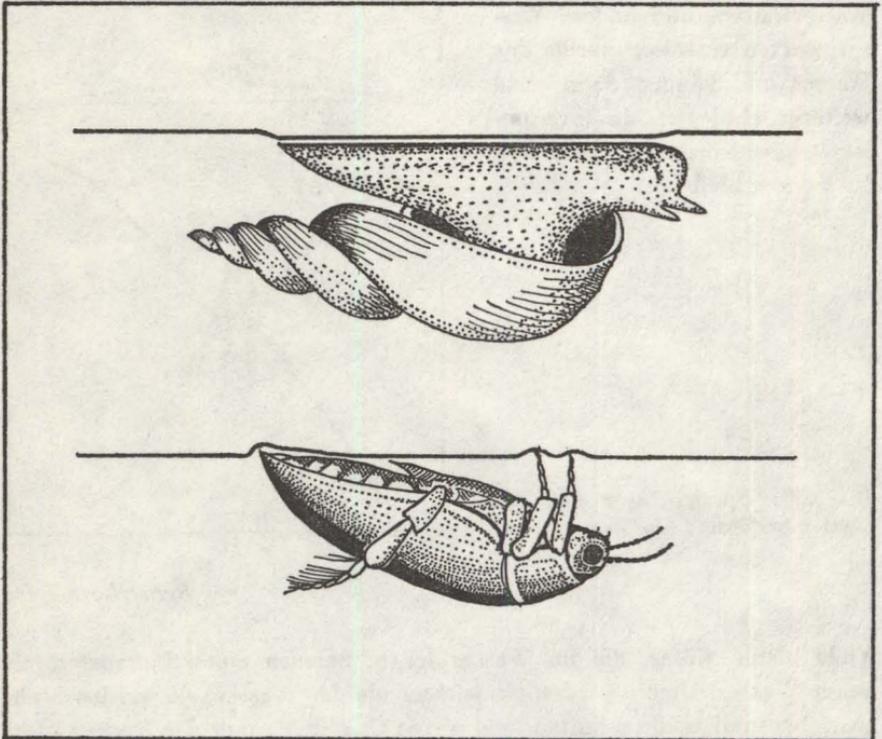
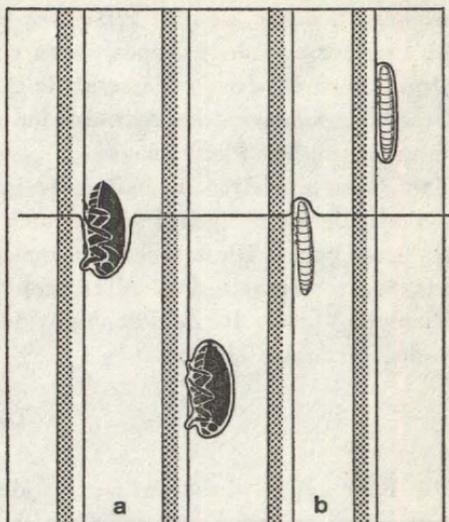


Bild 41: Wenn unbenetzbare Tiere an Wasserpflanzen in das Wasser hineinkrabbeln, so nehmen sie gewissermaßen das Oberflächenhäutchen mit sich: Ihre Körper stoßen auch unter der Oberfläche das Wasser ab (a). Kriechen dagegen benetzbare Tiere aus dem Wasser heraus, so nehmen sie einen Wasserfilm mit sich, der sie wie eine Haut umschließt (b).



wird. Das ganze Tier hängt normalerweise an diesem Kelch. Interessanterweise ist es gerade diese Unbenetzbarkeit der Atemöffnung, die den Menschen die Möglichkeit gibt, zum Beispiel

in tropischen Malariagebieten der Stechmückenplage Herr zu werden: Man übergießt Gewässer, in denen viele Stechmückenlarven leben, mit Kerosin. Dieser Stoff macht die Atemöffnungen benetzbar, die Larven lösen sich daher von der Wasseroberfläche ab, sie sinken zu Boden und ersticken.

Im Oberflächenhäutchen finden wir außer den genannten Insekten, die wir mit bloßem Auge ohne weiteres beobachten können, auch eine vielfältige Welt von Mikroorganismen: Bakterien, Geißeltierchen, Algen, Amöben und Wimpertiere. Sie entwickeln sich an, auf und unter der Oberfläche des Wassers oft so stark, daß sie zusammenhängende dickere Schichten bilden. Eine solche aus Mikroorganismen gebildete „Kahmhaut“ haben wir alle schon oft betrachtet: In Blumenvasen, deren Wasser einige Tage lang nicht gewechselt wurde, in Pfützen, Teichen, stillen Buchten.

### *Das freie Wasser*

Die größte Menge des Wassers ist das freie Wasser, das Pelagial. Hier können sich die Lebewesen nirgendwo anheften; sie müssen schwimmen oder schweben. Den Tieren des freien Wassers fehlen zudem Schlupf-

winkel, in denen sie sich verstecken könnten, und daher finden wir auch hier wieder besondere Anpassungen an diesen speziellen Lebensraum. Organismen des freien Wassers, die sich aktiv stark bewegen, faßt man als Nekton zusammen, die schwebenden Lebewesen dagegen nennt man in ihrer Gesamtheit Plankton.

Zum Nekton gehören im Süßwasser in erster Linie die Fische, zum Plankton all die vielfältigen Pflanzen und Tiere, die sich aufs Schweben spezialisiert haben. Die meisten von ihnen sind recht klein, sehr viele können wir sogar nur mit dem Mikroskop wahrnehmen. Das weitaus reichste Plankton — nach der Zahl der Individuen wie nach der Fülle der Formen — finden wir in den Meeren.

### *Der Gewässerboden als Siedlungsraum*

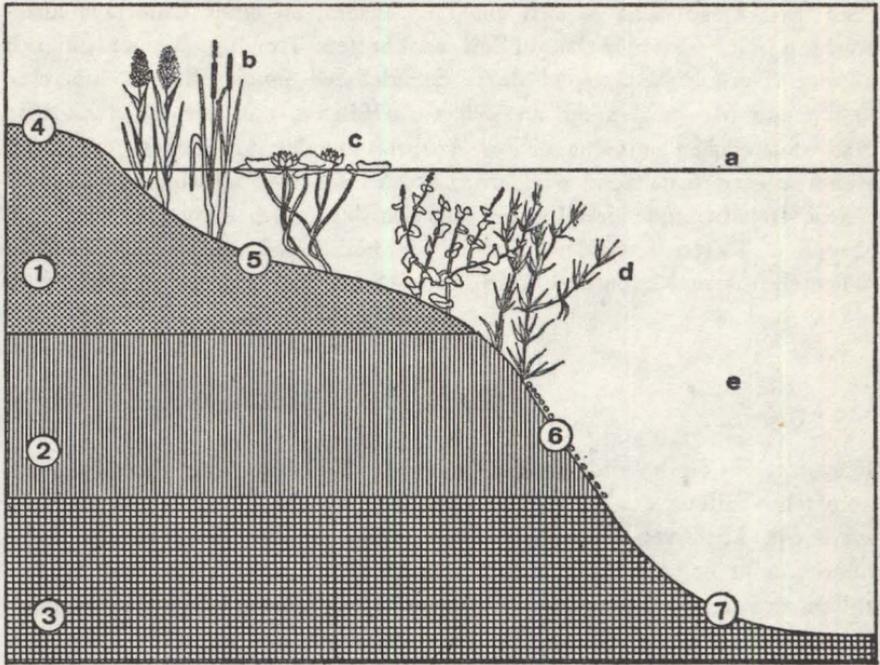
Die Bodenregion der Gewässer, in der Fachsprache Benthal genannt, ist wenigstens in den Regionen, die nicht allzu tief unter dem Wasserspiegel liegen, reich belebt. Die oberste Region, das sogenannte Litoral, reicht von der obersten normalen Wasserstandslinie bis etwa zur untersten Grenze der Grundvegetation. Nach unten folgt eine Übergangszone, das Sublitoral, die dort beginnt, wo die Vegetation aufhört, und die in einer Tiefe endet, in der wir keine Schnecken und Muscheln mehr finden. Die tiefste Zone ist das Profundal.

Im Gegensatz zu den schwebenden Planktonlebewesen sind die Bodenorganismen in einem Gewässer meist schwer. Viele haben eine harte Schale oder einen Panzer, vor allem die Tiere, die im Litoral und im Sublitoral leben, in Zonen also, in denen sie starken Wasserbewegungen oder gar der Brandung ausgesetzt sind.

Wir finden unter den Pflanzen und Tieren des Gewässerbodens kriechende, schwimmende, bohrende und grabende Formen, aber auch festgewachsene.

### *Festgewachsene und angeheftete Tiere*

Wir nehmen gewöhnlich an, Tiere könnten sich frei bewegen, Pflanzen dagegen seien stets festgewachsen. Das stimmt nicht in allen Fällen, vor allem dann nicht, wenn wir in den mikroskopischen Bereich vordringen. Aber es gibt auch viele Tiere, die gar nicht so klein sind und die dennoch



- 1 Litoral, Uferregion
- 2 Sublitoral
- 3 Profundal, Tiefenregion
- 4 Ufer
- 5 Uferbank
- 6 Halde
- 7 Schweb

- a Wasserspiegel
- b Überwasserpflanzen
- c Schwimmpflanzen
- d Unterwasserpflanzen
- e Pelagial

Bild 42: Schematischer Querschnitt durch die Tiefenzonen eines Sees.

oft ihr ganzes Leben lang an einem Stein, an einer Wurzel oder auf einem anderen Tier festhaften. Früher sprach man direkt von „Pflanzen-tieren“, weil diese Polypen, Schwämme oder Moostiere bei oberflächlicher Betrachtung so sehr an Pflanzen erinnern.

Bei festsitzenden Muscheln, wie zum Beispiel bei der Auster, ist der Fuß fast ganz zurückgebildet, und Schwämme können sich überhaupt nicht fortbewegen.

Nur im Wasser kann es sich ein Tier leisten, an einer Unterlage anzuwachsen oder sich für lange Zeit anzuheften. Nur im Wasser nämlich können Tiere, zum Beispiel durch Strudelbewegungen ihrer Beine, eine genügende Menge Wasser an sich vorbeiführen, aus der sie dann ihre Nahrungsteilchen entnehmen. Zur Ausbreitung der Art dienen jedoch bei vielen dieser festsitzenden Tiere Larven, die frei schwimmen können. Solche freischwimmenden Larven, die sich dann nach einiger Zeit zu festsitzenden Tieren umbilden, finden wir bei Schwämmen, bei Korallen, Würmern, Manteltieren und Weichtieren (Schnecken und Muscheln).

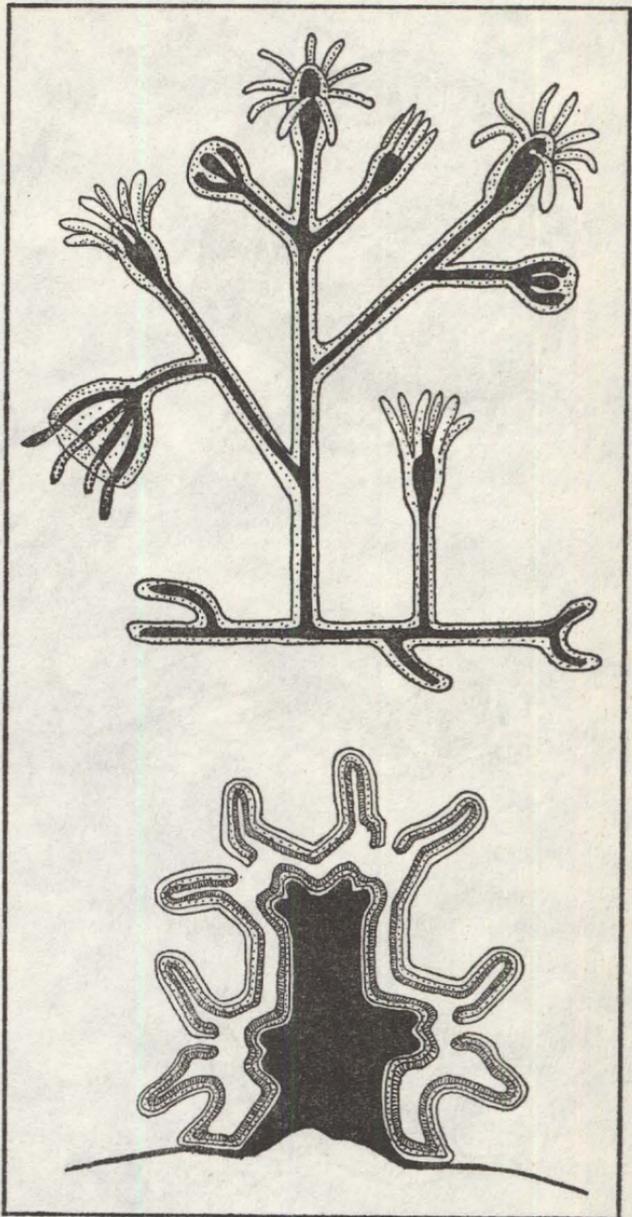
### *Tiere, die in Kolonien leben*

Festsitzende Tiere bilden oftmals große Kolonien, die durch unvollkommene Teilung der Individuen entstehen. Solche Kolonien können Tausende, ja Millionen Einzellebewesen umfassen, die untereinander mehr oder minder eng verbunden sind. Das berühmteste Beispiel sind die Korallen, deren Kolonien ganze Felsen aufbauen können. Eine Austerbank dagegen können wir nicht als Kolonie betrachten, und wenn die Tiere noch so dicht nebeneinander und aufeinander sitzen: Die Einzelwesen sind hier nicht miteinander verbunden.

### *Tiere, die mit dem Schlamm um die Wette wachsen*

In jedem Gewässer, das nicht gerade schießt, lagern sich am Boden sogenannte Sedimente ab: Die Reste abgestorbener Tiere und Pflanzen, eingeschwemmter Sand, ausgefallter Kalk usw. Der Boden wächst also ständig nach oben, und den festsitzenden Tieren droht daher die Gefahr, von den ständig mächtiger werdenden Sedimenten begraben zu werden. Sie müssen sich daher ihrerseits nach oben aufrichten und in die Höhe streben. Viele skelettbildende Formen — gerade wieder die korallenartigen Tiere — bilden in ihren Gehäusen Querwände aus, auf denen sie immer wieder aufbauen und die es ihnen so ermöglichen, mit der Ablagerung gewissermaßen mitzuwachsen.

Bild 43: Bau eines Polypenstockes und eines Korallenstöckchens mit verkalkter Achse.  
Nach A. KÜHN.



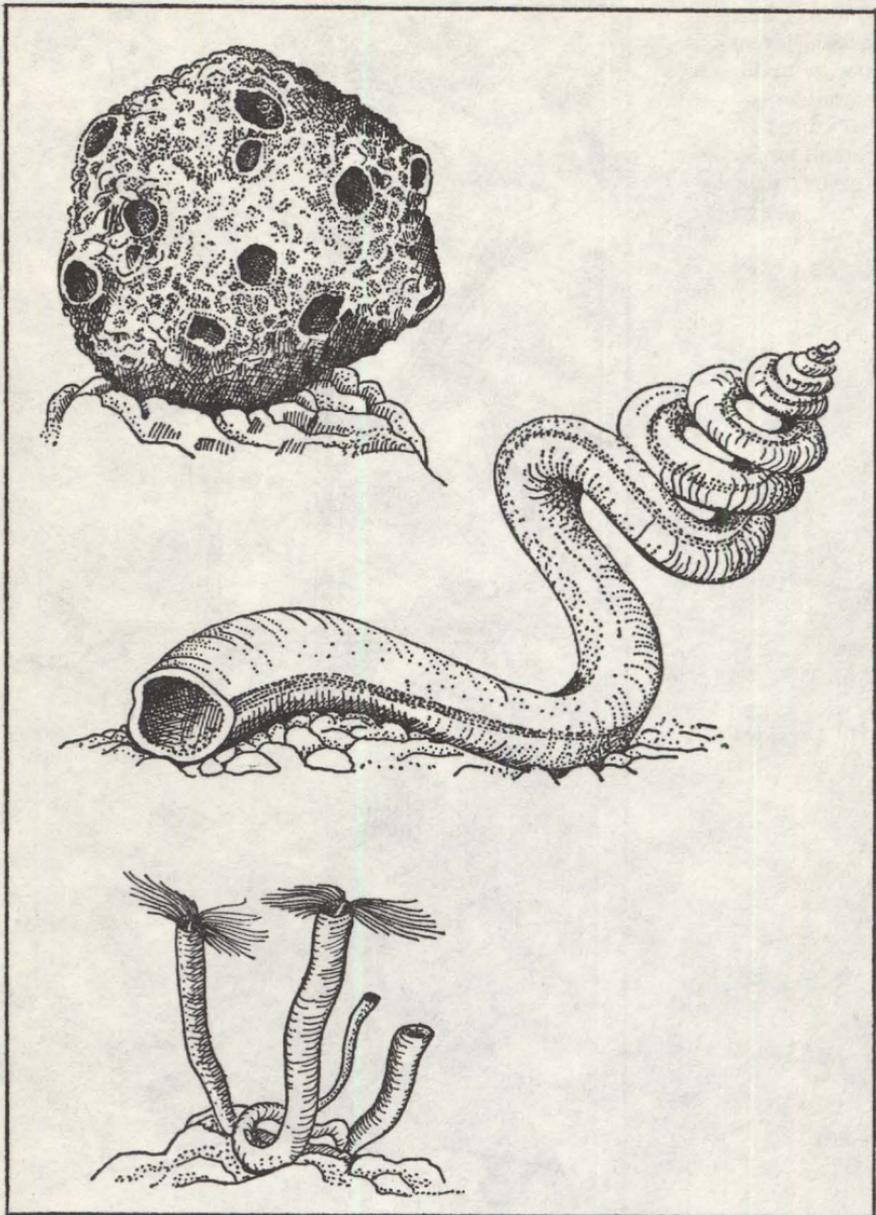


Bild 44: Tiere, die Pflanzen gleich festgewachsen sind: Oben der Hornschwamm *Euspongia*, Mitte die Schnecke *Vermetus gigas*, unten der festsitzende Wurm *Protula intestinum*.

### *Bohrende Tiere*

Überall am Gewässergrund finden wir auch Tiere, die sich in feste Unterlagen einbohren. Bohrmuscheln, die in Felsen hinein Löcher graben, benutzen ihre Schale wie eine Feile, oder sie gehen chemisch vor: Mit Hilfe von Kohlensäure oder einer anderen Säure lösen sie den Stein auf. Dabei ergeben sich übrigens verschiedene Röhrenformen: Die mechanisch arbeitenden Tiere müssen sich regelrecht in ihre Röhre hineindrehen, die daher einen runden Querschnitt hat. Die „Chemiker“ ätzen Röhren mit ovalen Querschnitten heraus.

### *Grabende Tiere*

Manche Fische — die Plattfische zum Beispiel —, manche Tintenfische, viele Seesterne und sehr viele Krabben leben ständig oder vorübergehend im Boden, in den sie sich eingraben. Manche davon, zum Beispiel Seeigel, Schnecken und Muscheln, können sich auch im Boden bewegen. Andere — vorwiegend sind es Würmer — bauen sich im Schlamm oder Sand ein dauerhaftes Gehäuse, das sie zeitlebens nicht mehr verlassen.

So finden wir den Boden unserer Gewässer und der Meere angefüllt mit Leben, mit festsitzenden oder beweglichen Tieren und Pflanzen, in einer Vielzahl und mit einem Formenreichtum, von dem man sich normalerweise keine Vorstellung macht.

## WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- BAUMEISTER, W.: Planktonkunde für Jedermann. Stuttgart 1966
- DE HAAS, W. und KNORR, F.: Was lebt im Meer an Europas Küsten?  
Stuttgart 1966
- ENGELHARDT, W.: Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? Stuttgart 1967
- LIEBMANN, H.: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie, II.  
München 1960
- RUTTNER, F.: Grundriß der Limnologie. Berlin 1962
- SCHWOERBEL, J.: Methoden der Hydrobiologie. Stuttgart 1966
- SERNOW, S. A.: Allgemeine Hydrobiologie. Berlin 1958
- THIENEMANN, A.: Die Binnengewässer in Natur und Kultur. Berlin,  
Göttingen, Heidelberg 1955
- THIENEMANN, A.: Die Binnengewässer Mitteleuropas, Band I.  
Stuttgart 1925
- WECKMANN, A.: Hydrologie. München 1964
- WUNDT, W.: Gewässerkunde. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1953

## SACHREGISTER

- Absorption 62  
*Ampullaria* 59  
*Asterionella* 19  
 Atemrohr 58  
 Atmung 49 f., 61  
  
 Bachröhrenwurm 55  
 Benetzbarkeit 76, 78 f.  
 Beschwerde 48, 49  
 Blaualgen 20  
 Blindheit 65  
 Blutsee 7, 8  
 Bohrende Tiere 85  
 Burgunderblutalge 8  
  
 Dämmerregion 63  
 Dämmerungsplankton 63  
 Druck 45, 47  
  
 Eintagsfliegenlarve 42, 44  
*Euglena* 28  
  
 Fangnetze 74  
 Fallensteller 74  
 Fetteinschlüsse 22  
 Finsternisplankton 63  
 Fliegender Fisch 34  
 Fließgewässer 40  
 Fluß 75  
 Fortbewegungsorgane 37  
  
 Geißeln 27, 29  
 Gelbrandkäfer 59  
 Gewässerboden 80  
 Gleichgewicht 13 f.  
 Grabende Tiere 85  
 Grottenolm 65  
 Grundwasser 64 f.  
  
*Haematococcus* 8  
 Haften 48  
 Höhlenbewohner 66  
 Höhlengewässer 65  
  
 Interzellularen 22, 61  
  
 Kalk 68  
 Kalziumhydrogenkarbonat 68  
  
 Kiemen 50, 55  
 Kieselalgen 24  
 Köcherfliegenlarven 48 f.  
 Kohlendioxid 50, 68  
 Kohlensäure 50, 68 f.  
  
 Laminare Strömung 41  
 LEEUWENHOEK 8, 9  
 Licht 62  
 Lichtplankton 63  
 Litoral 81  
 Luftatmer 56  
 Luftparasiten 60  
  
 Mäander 75  
 Methan 50  
 Mikroplankton 25  
 Muscheln 55  
  
 Nahrungsangebot 67  
 Nannoplankton 25  
 Nekton 80  
  
 Oberflächenhäutchen 76  
*Oszillatoria* 7 f.  
  
*Paramecium* 28  
 Pelagial 79  
 Photosynthese 62  
 Phototaxis 63  
 Pigmente 65  
 Plankton 23, 27  
 Polypen 82 f.  
*Polyphemus* 23  
 Profundal 80  
  
 Quelle 67, 73  
 Quellbach 73  
 Querströmung 45, 47  
  
 Raketenprinzip 38  
 Randkontakt 49  
 Reibung 45  
 Rückstoß 38  
 Rudern 38

Sauerstoff 50, 67  
Sauerwasserkalk 69  
Saugnäpfe 48  
Schlängeln 32, 33  
Schlammpringer 56  
Schnorchel 58  
Schweben 15  
Schwefelwasserstoff 50  
Schweresinnesorgane 14  
Schwimmbase 13, 16, 19  
Schwimmblätter 61  
Schwimmen 25  
Schub 47  
Sedimente 82  
See 75  
Sickerquelle 68  
Staatsqualen 20  
Stauquelle 67 f.  
Strömung 41, 42  
Sturzquelle 68  
Symbiose 55

*Tabellaria* 16  
Taucherglocke 58 f.  
Tiefenwanderung 64  
Tracheenkiemen 50  
Travertin 69  
Tümpelquelle 67  
Turbulenz 41 f.

*Volvox* 19, 25  
Versumpfung 67

Walzen 42  
Wasser 10  
Wasserhahnenfuß 11 f.  
Wasseroberfläche 76  
Wasserläufer 77  
Wasserorganismen 11  
Widerstand 29, 30, 32  
Wimpern 27, 29

Zerstreuung des Lichtes 62

## MIKROKOSMOS

**Monatshefte für angewandte Mikroskopie, Mikrobiologie, Mikrochemie und mikroskopische Technik. Herausgegeben von Dr. Dieter Krauter.**

MIKROKOSMOS berichtet in Wort und Bild über interessante Beobachtungen und gibt Anleitungen zu aufschlußreichen Untersuchungen auf allen Gebieten der mikroskopischen Arbeit, der allgemeinen Biologie, der Histologie, Bakteriologie und Planktonkunde. Aus der Forschung berichten zahlreiche Originalbeiträge, aus der angewandten Mikroskopie veröffentlicht der MIKROKOSMOS Untersuchungsergebnisse und Erfahrungsberichte. Eine Rubrik „Mikroskopie in der Schule“ gibt den Lehrkräften von Mittel-, Ober- und Berufsschulen in Beiträgen erfahrener Pädagogen Beispiele und Anregungen für Beobachtungen und Versuche, die sich im Unterricht oder in Arbeitsgemeinschaften erfolgreich durchführen lassen. So dient der MIKROKOSMOS allen, die in Studium oder Beruf, in Labor oder Schule, aus Neigung und Liebhaberei mikroskopieren. MIKROKOSMOS erscheint monatlich. Vierteljahrespreis (für 3 Hefte) DM 9.—. Sonderpreis für Schüler und Studenten jährlich DM 30.— (und Zustellgebühr). Abonnements-Bestellungen nimmt jede Buchhandlung entgegen. Eine Probenummer erhalten Sie auf Wunsch kostenlos vom

KOSMOS-VERLAG  
FRANCKH'SCHE VERLAGSHANDLUNG · STUTTGART

## Leopold und Roma Schua: Lebensraum Wasser

Jedes Schulkind kennt die häufigsten Pflanzen unserer Heimat, die Vögel, die Eidechsen. Das Leben auf dem Land ist uns geläufig. Wenig aber wissen wir von der geheimnisvollen Welt unter Wasser, vom Leben der Wasserorganismen von den Fischen bis zu mikroskopisch kleinen Würmchen. Und doch ist gerade der Lebensraum Wasser für uns Menschen ungeheuer wichtig: Wir benötigen Trink- und Brauchwasser in immer größeren Mengen, wir werden zunehmend auch die Wasserlebewesen für unsere Ernährung nützen müssen. Jedermann, ob Techniker oder Kaufmann, Wissenschaftler oder Naturfreund, sollte die „Geheimnisse einer unbekanntten Welt“ kennenlernen.