

Laborbücher Biologie

Hans Miegel

Praktische Limnologie

**Diesterweg-Salle
Sauerländer**

Inhalt

Einführung	7
1 Der Tümpel	9
1.1 Lebensraum Tümpel	9
1.2 Tümpel excursion	12
1.3 Untersuchung der Tümpelmakrofauna	15
1.4 Aquaristik im Dienste der Limnologie	21
1.5 Planktonuntersuchungen	22
1.5.1 Fangen, Aufbewahren und Fixieren	23
1.5.2 Quantitative Planktonfänge	24
1.5.3 Interpretation einer Planktonprobe aus dem Zwischenahner Meer	25
1.5.4 Variabilität	28
1.5.5 Haltung und Züchtung von Planktonformen	30
1.5.6 Aufwuchsuntersuchungen	31
2 Arbeitsanleitung für hydrologische Tümpeluntersuchung	33
2.1 Vermessung des Gewässers	33
2.2 Bodenuntersuchungen	34
2.3 Untersuchung der physikalischen Parameter	35
2.3.1 Strahlung	35
2.3.2 Eigenfarbe	36
2.3.3 Sichttiefe	37
2.3.4 Temperatur	38
2.3.5 Dichte	39
2.3.6 Reibung	39
2.3.7 Klima	40
2.4 Untersuchung der chemischen Parameter	40
2.4.1 Geruch und Geschmack	41
2.4.2 Sauerstoffgehalt	41
2.4.3 Kohlensäuregehalt	44
2.4.4 Wasserstoffionenkonzentration und Säurebindungsvermögen	45
2.4.5 Wasserhärte	47
2.4.6 Ammonium, Nitrit und Nitrat	48
2.4.7 Bestimmung des Gehaltes an organischen Stoffen (Kaliumpermanganatverbrauch)	48
2.4.8 Sulfat, Phosphat, Eisen, Chlorid	49
2.5 Mikroskopieren	50
2.5.1 Das Mikroskop und Einstellungsübungen	50
2.5.2 Objektive	51
2.5.3 Okulare	52
2.5.4 Beleuchten	52
2.5.5 Photographieren	53

2.5.6	Zeichnen	53
2.5.7	Bestimmen	53
2.5.8	Messen der Objekte	54
2.5.9	Dauerpräparate	54
2.5.10	Färbung	55
2.5.11	Ruhigstellung lebender Objekte	55
3	Einteilung der Kleingewässer und ihre exemplarische Bearbeitung	56
3.1	Heideweiher «Schwarzes Wasser» bei Wesel	57
3.2	Flachlandtümpel in Ostholstein	68
3.3	Periodische und perennierende Waldgewässer	73
3.4	Hochgebirgstümpel	78
3.5	Moortümpel	80
3.6	Dendrotelme	83
4	Der See	86
4.1	Exkursionen	86
4.1.1	Exkursion «Laacher See»	87
4.1.2	Maarexkursion	89
4.2	Zonierung	91
4.2.1	Kausalanalytische Betrachtung der Zonierung	91
4.3	Das Litoral	93
4.3.1	Die Verlandungszone	93
4.3.2	Der Geröllstrand	96
4.3.3	Die Objektträgermethode	97
4.3.4	Laich von Wassertieren	99
4.3.5	Das Neuston	99
4.3.6	Das Pleuston	101
4.3.7	Das Nekton	101
4.4	Der «Große Plöner See» – Beispiel einer Eutrophierung	101
4.5	Die Profundalzone	106
4.6	Der «Bodensee» – Beispiel eines oligotrophen Sees	107
5	Energie- und Stoffumsatz im See	111
5.1	Nahrungsketten	113
5.2	Die Rolle der Bakterien im See	116
5.2.1	Die Tätigkeit der Wasserbakterien	116
5.2.2	Das System der Bakterien	119
5.2.3	Heterotrophe Bakterien	122
6	Fließgewässer	124
6.1	Biotop und Anpassungserscheinungen	124
6.2	Flora und Fauna der Fließgewässer	127
7	Abwässer	132
7.1	Abwasserreinigung	133
7.2	Die biologische Selbstreinigung	134
7.3	Artenfehlbetrag	134

8 Methodik und Didaktik der Gewässeruntersuchung	136
9 Bestimmungsteil	141
Tafel 1: Blaualgen und Kieselalgen	143
Tafel 2: Gelbgrünalgen und Feueralgen	145
Tafel 3: Augenflagellaten, Grünalgen, Joch- und Zieralgen	149
Tafel 4: Geißeltierchen, Wurzelfüßler und Wimpertierchen	151
Tafel 5: Rädertierchen	153
Tafel 6: Ruderfußkrebse, Blattfußkrebse, Muschelkrebse und Süßwassermilben.	155
Tafel 7: Typische Ruderfußkrebse	157
Tafel 8: Ruderfußkrebse	159
Tafel 9: Wasserflöhe	161
Tafel 10: Wasserflöhe	163
Tafel 11: Süßwasserschwämme, Hydropolyphen, Fadenwürmer und Strudelwürmer	165
Tafel 12: Borstenwürmer und Egel	167
Tafel 13: Flohkrebse, Asseln, Spinnen, Eintagsfliegen und Steinfliegen	169
Tafel 14: Wasserwanzen und Wasserkäfer	171
Tafel 15: Libellen und Köcherfliegen	173
Tafel 16: Zuck- und Stechmücken	175
Tafel 17: Weitere Zweiflügler und ein Netzflügler	177
Tafel 18: Weichtiere – Schnecken	179
Tafel 19: Weichtiere – Schnecken	181
Tafel 20: Weichtiere – Schnecken	183
Tafel 21: Weichtiere – Schnecken	185
Tafel 22: Weichtiere – Muscheln	187
Tafel 23: Schwimmpflanzen	189
Tafel 24: Schwimmpflanzen	191
Pflanzen am, auf und im Wasser	192
Tafel 25: Organismen der Reinwasserzone (Oligosaprobien)	195
Tafel 26: Organismen der schwach verschmutzten Zone (β -Mesosaprobien)	197
Tafel 27: Organismen der mittelverschmutzten Zone (α -Mesosaprobien)	199
Tafel 28: Organismen der stark verschmutzten Zone (Polysaprobien)	201
10 Phototeil	202
Tafel 29	203
Tafel 30	205
Tafel 31	207
Tafel 32	209
Tafel 33	211
Tafel 34	213
Tafel 35	215
Erläuterung der Fachbegriffe	216
Verzeichnis der Schülerübungen und Arbeitsbögen	218
Literatur	220
Bücher	220
Zeitschriftenaufsätze	221

Einführung

Limnologie ist Süßgewässerkunde, sie erforscht stehende und fließende Gewässer des festen Landes. Zu den limnischen Ökosystemen rechnen wir Tümpel, Teiche, Seen sowie Bäche und Flüsse mit allen ihren Zwischenformen. Sie sind Räume der Biosphäre, die in ihrer Funktion und Struktur mehr oder weniger offene Systeme darstellen, in denen Lebewesen durch Stoffkreisläufe zur Selbstregulation ihres Bestandes befähigt sind. Die Stoffkreisläufe werden durch Umweltfaktoren stark beeinflusst.

Die Limnologie ist eine Brückenwissenschaft zwischen Geologie, Meteorologie, Geographie, Physik, Chemie und Biologie. Als eine ökologische Wissenschaft beschreibt sie die Binnengewässer nicht nur als Lebensräume (Biotope), sondern sie untersucht vor allem die Beziehungen zwischen den Lebensgemeinschaften (Biozönosen) und den Biotopen.

Es geht in diesem Buch nicht darum, das Wissenschaftsgebiet der Limnologie voll auszuschöpfen, vielmehr sollen die hier gegebenen Anregungen ein weiterführendes Interesse wecken und das Urteilsvermögen für die akuten Fragen des Umweltschutzes schulen. Aus diesem Grund werden auch Abwasser- und Fischereibiologie als Zweige der angewandten Limnologie berücksichtigt.

Während in den Biotopen der Wiesen und Wälder die Welt scheinbar und auf den ersten Blick noch in Ordnung ist, läßt sich am Lebensraum Wasser die Richtung der kommenden Entwicklung bereits deutlich ablesen. Eine Folge der auch in Zukunft sicher fortschreitenden Urbanisierung ist die Tatsache, daß die das Wasser belebende Pflanzen- und Tierwelt durch Trockenlegung von Feuchtgebieten, Flußregulierungen u. ä. auf immer engeren Raum zusammengedrängt wurde. Weiterhin mußten Tiere und Pflanzen sich starken Veränderungen der Wasserqualität stellen. Zahlreiche Arten mit speziellen Ansprüchen an ihre Lebensbedingungen starben daher aus. Unsere Süßgewässer drohen ökologisch zu verarmen. Die in Gewässern noch vorhandenen Lebewesen zeigen in qualitativer und quantitativer Hinsicht, wie weit das Gewässer vom biologischen Gleichgewicht entfernt ist.

Im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland sind Seen und vor allem Fließgewässer durch zivilisatorische Einflüsse in einem Zustand, in dem sie sich wenig zur Erarbeitung von Gesetzmäßigkeiten eignen, wie sie in natürlichen limnischen Systemen vorliegen. Kleingewässer sind in günstigen Fällen nicht derart umweltbelastet. Darüber hinaus wirkt sich in den großräumigen, tiefen Gewässern der Wandel in den Umweltfaktoren langfristig aus, Kleingewässer sind dagegen Teile von Ökosystemen mit schnellen Reaktionen auf die Veränderung abiotischer Faktoren.

Da sich limnologische Gesetzmäßigkeiten am klarsten an Kleingewässern erkennen lassen, diese zudem räumlich und auch zeitlich überschaubare Biozönosen enthalten, wird ihre Behandlung aus methodischen Gründen an den Anfang des Buches gestellt. Das an Kleingewässern Erarbeitete läßt sich weitgehend auch auf große, stehende Gewässer

übertragen, so daß das Vorgehen dieses Buches dem Prinzip – vom Einfachen zum Komplizierten – gerecht wird.

Der Schwerpunkt der Darstellung ist die Einführung in das praktische limnologische Arbeiten. Durch praxisbezogene Gewässeranalysen werden Hilfen zur Erarbeitung der kausalen Verknüpfungen von Struktur und Funktion limnischer Ökosysteme gegeben. Neben den oben schon genannten Punkten bieten sich für derartige schulpraktische Übungen wieder die Kleingewässer an. Viele Naturwissenschaftler, denen Forschung und Lehre heute Lebensaufgabe und Beruf sind, haben erste Bekanntschaft mit der «Wissenschaft ihres Lebens» am heimatlichen Dorfteich oder während eines sonntäglichen Spaziergangs an einen Tümpel vor den Toren einer Stadt gemacht. Von der spiegelnden Oberfläche der Gewässer gehen eigentümliche Anreize zur Anregung der Beobachtungsfähigkeit junger Menschen aus. Bei Auswahl eines geeigneten Gewässers und sorgfältiger Anleitung wird die Beschäftigung mit der Limnologie zu ihrem ureigenen Interesse.

Das Buch gibt dafür im Detail Anleitung und enthält eine Reihe entsprechender Arbeitsbögen. Für das Arbeiten in Arbeitsgemeinschaften werden didaktische und methodische Hinweise gegeben (siehe Kapitel 8). Auch das Material für die geplanten physiologischen Laborversuche kann am besten aus Kleingewässern beschafft werden. Zur Vorbereitung und als Muster für eigene Arbeitsmöglichkeiten sind die zunächst exemplarisch vorgestellten limnologischen Bearbeitungen einiger Kleingewässertypen gedacht (siehe Kapitel 3).

Da eigene Untersuchungen in schulischen Arbeitsgemeinschaften an Seen und größeren Fließgewässern auf beträchtliche Schwierigkeiten stoßen, nimmt hier die Typisierung einen weiten Raum ein. Zur Seen- und Fließgewässerkunde werden zusätzlich Exkursionsbeschreibungen als Einstieg angeboten (siehe Kapitel 4.1).

Im Zusammenhang mit den Fließgewässern wird vor allem der Typus des Mittelgebirgsbaches behandelt (siehe Kapitel 6).

Die Formenkenntnis hat im Wandel methodischer Wertungen zur Zeit einen Tiefpunkt erreicht. «Die Kenntnis systematischer Gliederungsbegriffe und ein Überblick über das System des Pflanzen- und Tierreichs müssen Lernziele eines ausgewogenen Biologieunterrichtes bleiben» (MOSTLER, KRUMWIEDE, MEYER). Da gerade für limnologische Arbeiten eine gewisse Artenkenntnis unbedingt erforderlich ist, wird ein aus der Praxis entstandener Bestimmungsteil angefügt (siehe Kapitel 9). Phyto- und Zooplankton, Makrofauna und höhere Pflanzen werden hier in einfachen Strichzeichnungen vorgestellt. Diese eignen sich besonders für Bestimmungsübungen. Photos sind eher Dokumente und nur einprägsam, wenn man sich mit der Übermittlung von Gattungsmerkmalen begnügt. Anhand des Bestimmungsteils kann man nach der Bilderbuchmethode die wichtigsten Vertreter der Süßwasserorganismen kennenlernen. Die gegenübergestellten Artdiagnosen dienen der Kontrolle.

Bei den angebotenen Versuchen und praktischen Arbeiten handelt es sich um zwei Gruppen: einmal um solche, die im Freiland durchgeführt werden müssen und zum anderen um solche, die ein Laboratorium erfordern. Besonders hier kann nach Altersstufe, Vorkenntnissen und Teilnehmerzahl differenziert gearbeitet werden. Da sich das Buch hauptsächlich an die Sekundarstufe II wendet, sind für den Grund- und Leistungskurs die praktischen Übungen auf das halbjährige Kurssystem abgestellt.

1 Der Tümpel

Die Reichhaltigkeit der Lebewesen auf engem Raum und die Beziehungen zwischen Lebensraum (**Biotop**) und der Gemeinschaft von Lebewesen (**Biozönose**) sind nirgends so leicht und so deutlich zu erkennen wie im Kleingewässer. Darüber hinaus lassen sich auch die Grundprobleme biologischen Forschens durch selbständige Arbeiten, die hier schon mit einfachen Mitteln zum Erfolg führen, einprägsam vermitteln.

Die Auffassung des Gewässers als Mikrokosmos tritt uns erstmals in dem Buch «Der Dorfteich als Lebensgemeinschaft», das der Kieler Lehrer FRIEDRICH JUNGE 1885 veröffentlichte, entgegen. Damit war der Beginn limnologischen Denkens mit der vorrangigen Betrachtung des Beziehungsgefüges Biotop-Biozönose vorgegeben. Der hier geborene Begriff der Lebensgemeinschaft ist Jahrzehnte hindurch Leitgedanke der Schulbücher für Zoologie und Botanik geblieben, und die Dorfteiche, damals selbstverständliches Bild der Landschaft, sind exemplarisch als «natürliche Kleingewässer» in die limnologische Literatur eingegangen.

Heute ist dieser Gewässertyp zum größten Teil verschwunden. Er wurde zu Abwasserteichen umfunktioniert, in die man bedenkenlos Jauche und andere dörfliche Abfälle einbrachte. Diese Verunreinigung war aber auch das erste alarmierende Signal, die weitere Verschmutzung der Umwelt zu stoppen. Nach dieser späten Einsicht wurden die Dorfteiche häufig in Feuerlöschteiche umgewandelt, die, vor Menschen und Tieren geschützt und eingezäunt, ständig gepflegt und gereinigt werden müssen. Viele Kleingewässer der offenen Kulturlandschaft verdanken ebenfalls ihre heutige Existenz der Nutzungsmöglichkeit durch den Menschen. Wiesen und Feldtümpel wären längst verlandet, wenn nicht der Gebrauch als Viehtränke für Weidetiere eine Ausräumung in bestimmten Jahresabständen erforderte. Die Gewinnung des Torfes führte zur Entstehung der Torfstiche.

Zahlreiche Kleingewässer sind daher nur bedingt als «natürlich» anzusprechen. Der Begriff des Naturteiches wird zwar heute noch in der künstlichen Fischzucht verwendet, obwohl auch hier die größte Zahl der dafür genutzten Teiche ablaßbar und künstlich ist. So ist man für Demonstration und Erarbeitung limnologischer Grundkenntnisse häufig auf Kleingewässer angewiesen, die sich nicht in einem natürlichen Zustand befinden oder, vor allem ihrer Entstehung und Nutzung nach, als künstlich bezeichnet werden müssen.

1.1 Lebensraum Tümpel

Anhand einer kurzen Beschreibung des Lebensraums eines Tümpels soll das Beziehungsgefüge zwischen den verschiedenen Biotopen und Biozönosen eines Kleingewässers und den angrenzenden Wiesengebieten dargestellt werden. Das Schaubild (Abb. 1) zeigt dazu ein typisches Kleingewässer unserer Breiten, einen perennierenden (ständig wasserführenden) Tümpel im Buchenwald.

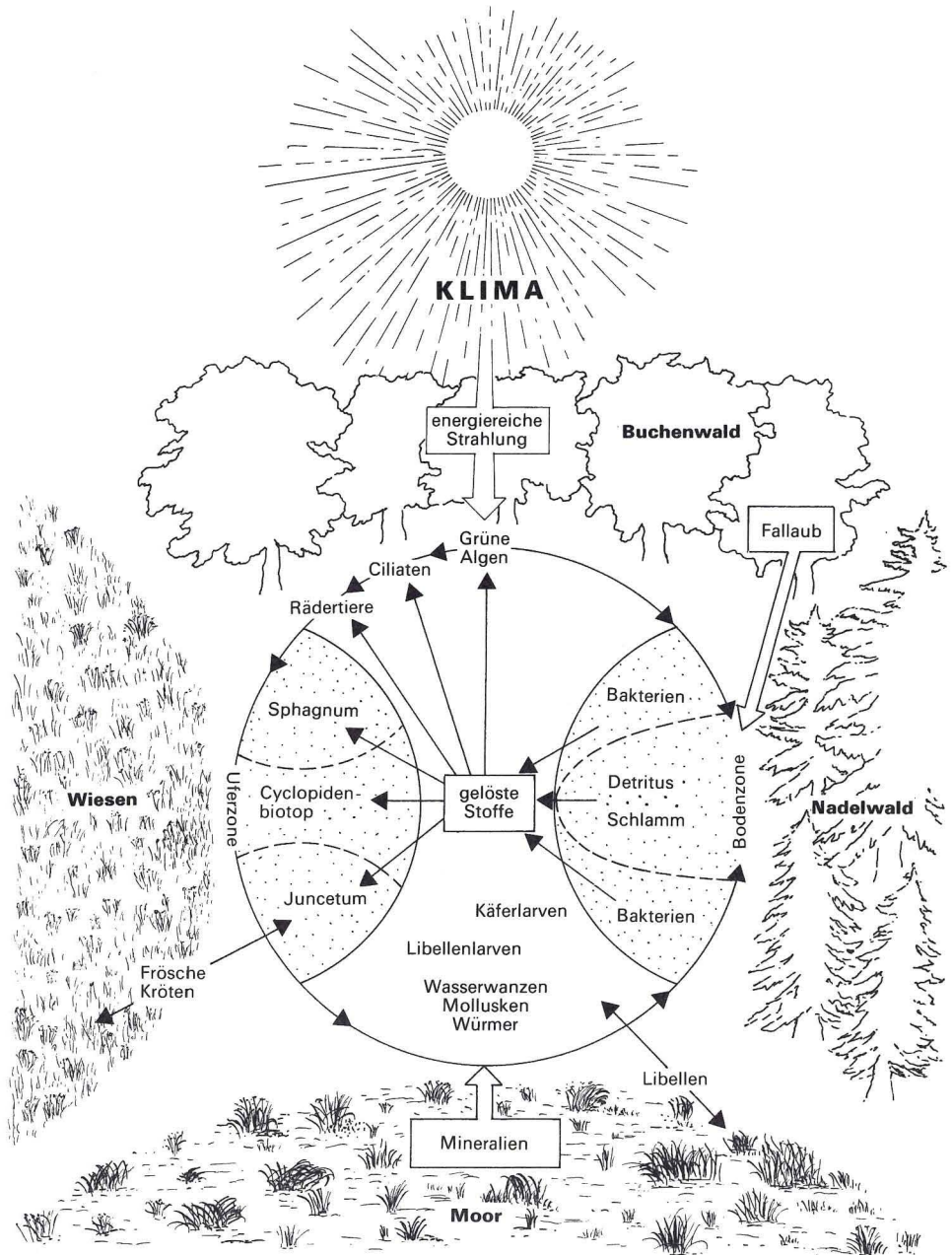


Abb.1: Stoffkreislauf eines Tümpels im Laubwald und seine Beziehungen zu den angrenzenden Ökosystemen. Erläuterungen im Text

Die entscheidenden Faktoren für die dort lebenden Tier- und Pflanzenarten sind **Klima**, **Bodenbeschaffenheit** und, wie wir noch sehen werden, auch die **angrenzenden Biotope** wie z. B. Wiesen oder Moorgebiete.

Der wohl wichtigste Klimafaktor ist das Ausmaß der Strahlungsenergie, das die Baumwipfel durchdringt. Die Sonneneinstrahlung führt zur Erwärmung des Wassers und des Bodens. Die für ein Flachgewässer typischen starken Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht oder zwischen sonnigen und trüben Tagen bewirken hier von Frühjahr bis Herbst ständig eine Vollzirkulation, d. h. eine totale Umschichtung des Wassers und sorgen somit für einen relativ hohen Sauerstoffgehalt.

Darüber hinaus ermöglicht die Strahlungsenergie den grünen Algen, autotroph pflanzliche Nährstoffe durch die Photosynthese zu bilden.

Als gelöste Stoffe dienen Bodenminerale im Wasser zahlreichen Tierarten, z. B. den Wimpertierchen (*Ciliaten*), und auch Algen und Wasserpflanzen direkt zum Aufbau ihrer Körpersubstanz.

Entscheidend für den Charakter dieses Tümpels ist die große Menge an Fallaub, die alljährlich im Herbst in ihn hineingeweht wird. Dieses Fallaub unterliegt einem langsamen Zersetzungsprozeß (Mineralisierung) und wird als totes Biogenesematerial durch Bakterien (Destruenten) zu Detritus, dieser wiederum zu Schlamm. Durch die thermische Zirkulation vermischen sich die zunächst über dem Boden liegenden Nährstoffe mit dem Tümpelwasser.

Die sich im Tümpel reichlich entwickelnden Algen sind als **Produzenten** Ausgangspunkt der Nahrungskette für die tierischen Konsumenten verschiedener Ordnung, die in zum Teil unterschiedlichen Biotopen (Gewässerbereiche) in Biozönosen zusammenleben.

Als Schlammbewohner sind die Würmer und die Zuckmückenlarven (*Chironomiden*) zu nennen. Die Mollusken sind in der Nahrungskette zwischen Detritus und Schlamm einzuordnen. Von Algen ernährt sich die Ruderfußkrebs(*Cyclopiden*)-Population, die auf unserem Schaubild in dem Gewässerteil zu finden ist, das durch Binsen- und Moosbestand gekennzeichnet ist. Auch die Wasserwanze (*Corixa*) ernährt sich vegetarisch von Algen und Detritus. Diese Tiere sind **Konsumenten erster Ordnung**.

Tiere, die sich räuberisch von anderen Tieren ernähren, werden **Konsumenten zweiter Ordnung** genannt. Dazu gehören die im Tümpel lebenden Käferlarven, die im Flachwasser auf Beute lauern, aber auch zahlreiche Würmer, Kleinkrebse und Wasserinsekten, wie z. B. Libellenlarven. Die Schwimmwanze (*Naucoris*) lebt von Wasserinsekten und Kleinmuscheln, während der Rückenschwimmer (*Notonecta*) und der Wasserskorpion (*Nepa*) Kleintiere aller Art fressen.

Über diese Kreisläufe hinaus bestehen im Waldtümpel Beziehungen, die durch einen Kontakt mit Tieren aus entfernten Ökosystemen entstehen. Die auf der benachbarten Wiese lebenden Frösche kommen im Frühjahr zur Laichablage zum Tümpel. Die Kaulquappen wachsen im Tümpel heran, verlassen dann das Gewässer und kehren zu ihrem Wiesenbiotop zurück. Von den Insekten seien als Beispiel die Libellen herausgestellt. Während ihres sommerlichen Luftlebens jagen sie über den Wiesen nach Beute. Zur Zeit der Fortpflanzung aber suchen sie den Tümpel auf. Hier legt das Weibchen die Eier ab. Die sich daraus entwickelnden Larven leben als Wassertiere oft jahrelang im Tümpel, bis sie ihn nach mehreren Verwandlungen als fertige Luftinsekten verlassen, um nun kurz, aber weiträumig, im benachbarten Ökosystem Wiese zu leben.

Durch diese Verzahnung der Fortpflanzungsverhältnisse zahlreicher Tierarten ist der Tümpel nicht nur Teil eines Ökosystems, sondern stellt ein Bindeglied zwischen zwei Ökosystemen dar. Am Beispiel Tümpel wird also die Bedeutung dieses Gewässertyps zur Erhaltung komplexer Ökosysteme demonstriert.

1.2 Tümpel excursion

Nach einer einführenden Besprechung (siehe Kapitel 1.1) könnte zu Beginn des Vorkurses eine Tümpel excursion geplant werden, die vor allem dazu dient, das Interesse an diesem Lebensraum zu wecken. Das Ziel einer solchen excursion ist eine allgemeine Orientierung, d. h. zur Beobachtung kommt nur das, was ohne spezielle Hilfsmittel zu erkennen ist.

Es empfiehlt sich, zur näheren Betrachtung ein Kleingewässer aufzusuchen, das abseits vom Verkehr liegt und sich in einem verhältnismäßig natürlichen Zustand befindet. Gewässer an stark befahrenen Straßen sind auszuschließen. Das Projekt sollte sich für eine über einen längeren Zeitraum hinziehende Bearbeitung eignen, nach Möglichkeit sogar eine Untersuchung über Jahre im Rahmen der Grund- und Leistungskurse ermöglichen. Für die geplante excursion ist es ratsam, eine Route auszuarbeiten, auf der zudem mehrere, möglichst verschiedenartige Kleingewässer liegen. Die großen Unterschiede zwischen Wald- und Wiesentümpel sind gegebenenfalls hervorzuheben. Vielleicht läßt sich schon aus dem augenblicklichen jahreszeitlichen Wasserstand etwas darüber aussagen, ob es sich nur um ein zeitweilig wasserführendes (periodisches) oder aber um ein ausdauerndes (perennierendes) Gewässer handelt.

Der günstigste Zeitpunkt für eine Tümpel excursion ist das Frühjahr nach der Schneeschmelze.

Ausrüstung

Neben wasserfester Kleidung (Gummistiefel) benötigt man Thermometer, Knotenschnur, Stocknetz, weißen Kunststoffeller und nach Möglichkeit Fernrohr und Photoapparat. Immer sollte eine Landkarte sowie Notizbuch und Bleistift mitgeführt werden.

Felduntersuchung

Man achte darauf, daß die Untersuchungs- und Beobachtungsergebnisse von allen Teilnehmern zusammengetragen und von jedem schriftlich festgehalten werden. Zur Ordnung der Notizen und zur Anregung einiger kleinerer Untersuchungen finden sich auf den Seiten 13 und 14 einige Arbeitsbögen.

Am Tümpel achten wir darauf, daß zunächst die Wetterlage beschrieben und Uhrzeit sowie Wasser- und Lufttemperatur notiert werden. Auf einem Lageplan ist eine Skizzierung der Verteilung von Schatten- und Sonnenzonen leicht durchzuführen. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß Temperaturmessungen über längere Zeit und zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten eine gute Grundlage für vergleichende Biotopuntersuchungen sind. Als nächstes – oder von einer anderen Schülergruppe –

Kurs: Vor-, Grundkurs Name: _____ Datum: _____

Gewässer Name: _____
Lage: _____ Meßtischblatt Nr: _____ NN: _____
Größe: _____ Umfang: _____ Ø: _____ Tiefe: _____

Wetterlage Lufttemp.: _____ Wassertemp.: _____ Wind: _____

Vegetation Baumarten: _____

Pflanzen am Ufer: _____

Pflanzen am Wasser: _____

Pflanzen im Wasser: _____

Tiere Vogelarten am Wasser: _____

Vogelarten auf dem Wasser: _____

Laich? _____

Insekten in der Luft: _____

Insekten auf dem Wasser: _____

Boden Bodenarten der Umgebung des Gewässers: _____

Bodenzusammensetzung an der Uferlinie. Unterscheide zwischen mineralischen und pflanzlichen Ablagerungen. (Zeichnung mit Windrose) _____

Handelt es sich um ein natürliches oder künstliches Gewässer? _____

Wo zeigen sich Verlandungserscheinungen (Skizze)? _____

Sind zivilisatorische Einflüsse erkennbar? _____

Hat das Gewässer Zu- bzw. Abfluß? _____

Zu welchem Fließwassersystem gehört das Gewässer? _____

Sonstige Beobachtungen:

sollten die Daten zur Kennzeichnung der Gewässerlage erfasst werden. Dafür ist im Lageplan die Nordrichtung einzuzeichnen und Angaben zur Größenschätzung und Gewässertiefe sind einzuzeichnen. Die Erstellung eines Tiefenprofils sollte Aufgabe einer der folgenden Besuche an diesem Tümpel sein.

Auf dem Exkursionsgang ist die Einbettung des Gewässers in seine Umgebung demonstriert worden. Besonderes Augenmerk gilt jetzt der Vegetation des Ufers. Soweit Baum-, Strauch- und Sumpfpflanzen noch unbekannt sind, sollten sie bestimmt werden. Ein wichtiges Ziel der Exkursion ist es, die Bodenbeschaffenheit der Standorte zu charakterisieren und einige Artenkombinationen (Assoziationen) für die verschiedenen Standorttypen zu beschreiben. Soweit es sich nicht um seltene oder geschützte Pflanzen handelt, ist zur Einprägung der Namen das Ausstellen der Pflanzen im Klassenraum, vielleicht nach Fundorten gruppiert, von Nutzen.

Die Beobachtung der Tierwelt an und auf dem Wasser sollte genutzt werden. Die mit dem Stocknetz erbeuteten Tiere sind an Ort und Stelle zu bestimmen (siehe Bestimmungsteil des Buches). Ihre Haltung in kleinen Kaltwasseraquarien ist problematisch und erfordert eine gewisse Erfahrung.

1.3 Untersuchung der Tümpelmakrofauna

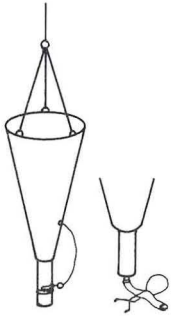
Am Beginn der Untersuchungen von Lebensgemeinschaften in den Kleingewässern muß der Versuch stehen, die charakteristischen Vertreter der makroskopischen tierischen Lebewesen kennenzulernen und etwas über ihre Anzahl und Verteilung in verschiedenen Gewässerzonen in Erfahrung zu bringen. Um zusätzlich die Lebensgemeinschaften kausal verstehen zu können, sollen hier neben den Methoden zur Durchführung von qualitativ und quantitativ auswertbaren Fängen auch solche zur Untersuchung von Verhaltensweisen und physikalischen Prozessen bei einigen typischen Wassertieren besprochen werden. Diese Laboruntersuchungen sind als Schülerübungen formuliert.

Qualitative Untersuchung

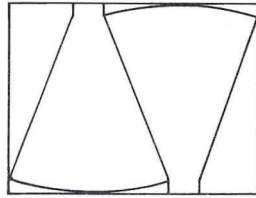
Man erbeutet die Tiere mit dem klassischen Stocknetz, dessen Handhabung jedem vertraut ist. Mit einer gleichen Anzahl gleichlanger Züge durch verschiedene Wasserbereiche mit dem Stocknetz kann man nur in etwa vergleichbare Fänge durchführen, die keinesfalls quantitativ auswertbar sind. Auch Bodenproben mit dem Greifer nach EKMAN/BIRGE (Abb. 2) – mehrfach abgeändert – ergeben bestenfalls halbquantitative Werte.

Zum Auslesen der Fänge dient ein weißer Kunststoffeller oder dergleichen. Schon beim Durchmustern der Fänge achtet man auf Bewegungsarten und andere Verhaltensweisen, da sie für das Ansprechen von bestimmten Arten sehr charakteristisch sind. So sind z. B. *Cladoceren* und *Cyclopiden* leicht schon daran zu unterscheiden, daß erstere hüpfende Bewegungen ausführen, letztere dagegen in kurzen Bögen schwimmen.

Die Konservierung erfolgt mit 96%igem Alkohol oder auch mit 5%igem Formalin. Für die Bestimmung genügt in den meisten Fällen die Lupe mit 10-facher Vergrößerung. Bequemere Arbeitsmöglichkeiten bieten jedoch Binokularlupen. Zum Präparieren sind spezielle Bestecke erforderlich (Pinzetten, Insektennadeln, Rasierklingen mit Halter).



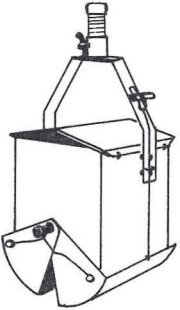
a) Planktonnetz mit Fangeimerchen



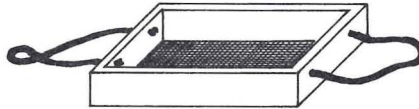
b) Schnittmuster zur Selbstherstellung eines Planktonnetzes



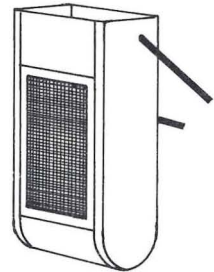
c) Dredge



d) Bodengreifer



e) Schlammsieb



f) Planktonsieb

Abb. 2: Limnologische Fanggeräte

Quantitative Untersuchung

Will man quantitative Fänge in Kleingewässern durchführen, ist der Litoralzylinder nach G. FRIEDRICH und H. V. HERBST zu empfehlen.

Im Prinzip ist dieser ein großes Schraubglas ohne Boden. Der Deckel dieses Gefäßes wird im Boden der Untersuchungsstelle bis zum Rand eingelassen. Um die durch diese Störung verursachte Veränderung der Biozönose zu beseitigen, läßt man einen längeren Zeitraum bis zur Entnahme der Probe verstreichen. Je nach Jahreszeit wird man einen Monat oder länger warten. Dann stülpt man den Zylinder, dessen obere Öffnung über die Wasserfläche hinausragen muß, auf den Bodendeckel. Beim Herausnehmen des Gerätes darf kein Wasser entweichen. Deshalb sei die von den Verfassern beschriebene exakte Methode angeführt (siehe Abb. 3).

Der Untersatz besteht aus einem grauen, runden Hart-PVC-Rohr mit einer lichten Weite vom 298 mm und einer Wandstärke von 5 mm, dem eine Bodenplatte angeschweißt wurde. Als Aufsatz dient ein Plexiglasrohr von 290 mm lichter Weite und 5 mm Wandstärke. Die Länge dieses aufgesetzten

Zylinders richtet sich nach der Tiefe der Untersuchungsstelle. In den meisten Fällen dürften 50 cm genügen. Am unteren Ende des Zylinders ist eine Gummidichtung angebracht, die Bodenteil und Rohr wasserdicht verschließen. Am Untersatz sind 3 Verriegelungshaken angeschweißt, die in Leisten des Oberteils eingreifen und dadurch Ober- und Unterteil fest zusammenhalten.

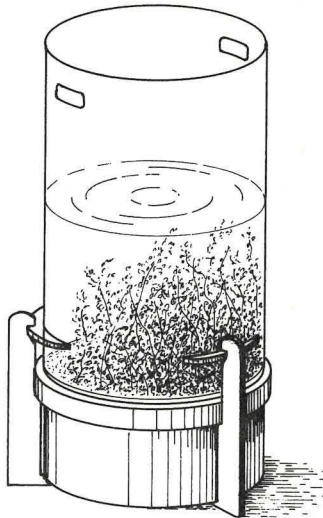


Abb. 3: Litoralzylinder nach G. FRIEDRICH und H. V. HERBST

Die weitere Verarbeitung der Probe erfolgt in einer Wanne. Zum Sortieren des Fanges wird das Wasser durch Prüfsiebe mit einer Maschenweite von 2 mm, 1 mm, 500 μm , 250 μm und 125 μm gegossen. Die so getrennten Proben können nun abgefüllt und zur Untersuchung im Labor fixiert werden.

Zur Sichtung des Materials benutzt man am besten eine binokulare Lupe. Auszählen und Bestimmen erfordert viel Zeit und setzt eine gewisse Artenkenntnis voraus. Die Proben können auch zur Trockengewichtsbestimmung und zur Berechnung des Glühverlustes dienen. Quantitative Untersuchungen an Kleingewässern sind in der Literatur wenig beschrieben. Es ist daher lohnend und interessant, dieses Gebiet weiter zu erforschen.

Schüleruntersuchungen der Makrofauna eines Tümpels (VS 1–9)

Eines der Grundprobleme, vor die im Wasser lebende Tiere gestellt sind, ist die Versorgung ihres Organismus mit Sauerstoff. Es soll hier daran erinnert werden, daß Wasser aufgrund der geringen Löslichkeit von Sauerstoff in diesem Medium nur ca. 1/25 der Sauerstoffmenge der Luft enthält, je nach Wassertemperatur zwischen 15 Vol.-% bei 0°C und 7 Vol.-% bei 30°C. Zudem ist die Diffusionsgeschwindigkeit von Gasen in Wasser sehr gering, so daß auch der Abtransport von «verbrauchtem», also CO₂-reichem und O₂-armem Wasser, vor allem in stehenden Gewässern besondere Anpassung erfordert.

Nur Tiere mit relativ großer Körperoberfläche, wie kleine Insektenlarven und Würmer, können z. B. ihre **Sauerstoffversorgung** allein über die Diffusionsfläche der Haut sicherstellen. Andere Tiere haben Kiemen entwickelt, an deren Oberfläche aktiv ein Wasserstrom vorbeigeführt wird. Damit ist ein nicht unbeträchtlicher Arbeitsaufwand für die Ventilation im Medium Wasser verbunden. Es gibt aber unter den Mollusken und Gliedertieren auch Vertreter, die durch Ausbildung von Lungen oder Tracheensystemen Luft atmen können. Für diese Luftatmer ist es wichtig, daß sie ihren Lungenbereich gut gegen Wasser abschließen oder daß bestimmte Körperbezirke von Wasser nicht benetzt werden können. Wir werden zum Problembereich der Atmung das Verhalten einiger Wassertiere im Labor beobachten (VS 1–5).

Neben diesem physiologischen Aspekt der Sonderanpassung an das Wasserleben wollen wir noch weitere **Verhaltensweisen** von Wassertieren beobachten. Oft wird die zur Atmung erzeugte Wasserströmung gleichzeitig zur Nahrungsfiltration benutzt. Ein Versuch wird uns diese Filtrationsleistung veranschaulichen und uns dann deutlich vor Augen führen, warum diese Filtrierer sehr anfällig gegen Schmutzwasser sind. Andere Wassertiere ernähren sich durch Abraspeln eines Algenrasens. An Wasserschnecken können wir dieses Verfahren studieren, und es ist durchaus eindrucksvoll, sich einmal unter dem Mikroskop den herauspräparierten Raspelapparat (Radula) anzuschauen. Viele Wassertiere ernähren sich aber auch räuberisch. Ein Versuch wird dazu angeboten. Die Haltung von Großlibellenlarven wird uns ermöglichen, das spezielle Fangverhalten der Tiere (Fangmaske) zu beobachten.

Auch die Fortbewegungsmöglichkeiten für Tiere in und auf dem Wasser werden uns beschäftigen.

1. Versuche zur Atmung und Filtriertätigkeit mit der Teichmuschel (*Anodonta cygnea*)

a) Atmungsversuch

Wir stellen drei Aquarien gleicher Größe bereit und füllen

Nr. 1 mit frischem Wasser vom Fundort der Muschel,

Nr. 2 mit sauerstoffarmem Wasser (Wasser abkochen und auf gleiche Temperatur wie Nr. 1 abkühlen lassen),

Nr. 3 mit angewärmtem Wasser (ca. 25°C).

Von drei Teichmuscheln gleicher Größe wird je ein Exemplar in eines der Aquarien gegeben. Jedem Aquarium ist eine schwache Tintlösung oder etwas Kohlenpulver zuzusetzen.

Beobachte den Wasserstrom.

Miß die Dauer des Ein- und Ausströmens.

Stelle diese Ergebnisse geordnet nach Aquarienummer in einer Tabelle zusammen. Wenn Gelegenheit dazu besteht, den Sauerstoffgehalt des Wassers in den einzelnen Aquarien zu bestimmen, trage diesen Wert zusätzlich in die Tabelle ein.

b) Versuch zur Filtration

Wir füllen ein Aquarium mit frischem Wasser vom Fundort und färben wie oben das Wasser.

Stelle fest, nach wieviel Stunden die Wasserfärbung ausfiltriert ist. Berechne die Filterwirkung einer Muschel in Stunden pro Liter ($h \cdot l^{-1}$).

2. Versuche zur Atmung und Freßtätigkeit von Wasserschnecken

a) Atmungsversuch

Wir stellen drei Aquarien bereit und füllen

Nr. 1 mit frischem Wasser vom Fundort,

Nr. 2 mit sauerstoffarmem Wasser (Wasser abkochen und auf gleiche Temperatur wie Nr. 1 bringen),

Nr. 3 mit erwärmten Wasser (ca. 25 °C).

Zum Einsetzen in die Aquarien sind geeignet *Lymnea stagnalis* oder *Coretus corneus*.

Miß die Frequenz des Luftschöpfens.

b) Freßtätigkeit der Schnecken

Fülle ein Kleinaquarium mit Tümpelwasser und stelle es im Labor an ein sonniges Fenster. Nachdem das Aquarium leicht veralgelt ist, setze einige Schnecken (*Lymneen*, *Planorben* o. ä.) in das Aquarium.

Beobachte die Fraßspuren. Zur genaueren Untersuchung der Fraßspuren stellt man zweckmäßigerweise eine Glasplatte in das Aquarium und kann dann, nach Veralgung und Auftreten der Fraßspuren, diese an der Luft mittels Lupe untersuchen. Bei Verwendung von Objektträgern besteht die Möglichkeit mikroskopischer Betrachtung.

Für weitere Untersuchungen töte man die Schnecken in kochendem Wasser ab.

Präpariere die Radula. Stelle Vergleiche zwischen Form der Radula und den Fraßspuren her. Versuche artspezifische Unterschiede aufzuzeigen. Gegebenenfalls kann man die Ergebnisse zeichnerisch oder makrophotographisch festhalten.

3. Beobachtung der Bildung einer Luftglocke bei der Wasserspinne (*Argyroneta aquatica*)

Wasserspinnen im Aquarium bieten gute Möglichkeiten zu Schülerbeobachtungen und Demonstrationen. Der Nestbau, der Brutvorgang und die Tätigkeit des Luftholens, vor allem dessen Häufigkeit, bieten sich für Schülerübungen an.

Ermittle die Häufigkeit des Luftholens.

4. Demonstration der Enddarmatmung bei einer Großlibellenlarve

Wir bereiten drei Aquarien wie bei Versuch 1 oder 2 vor.

Zähle die Pumpbewegungen über eine bestimmte Zeit und trage die Ergebnisse in geeigneter Weise in eine Tabelle ein. Liegen die Sauerstoffwerte der verwendeten Aquarienfüllungen vor, lege ein Kurvendiagramm an. Zähle dazu einige Male die Pumpbewegungen aus.

5. Demonstration der Atemrohrfunktion der Stechmückenlarven

Um den Atmungsvorgang zu beobachten, verwenden wir *Culex*-Larven. Die Benutzung einer binokularen Lupe ist erforderlich. Die Larven bringt man in nicht zu flache, mit Leitungswasser gefüllte Schalen. Lupe auf Atemrohröffnung einstellen und beobachten. Erschütterungen vermeiden.

6. Versuche mit tag- und nachtaktiven Räubern

Je nach Beschaffungsmöglichkeit verwende man von den Großlibellenlarven *Aeschna*, *Anax* oder *Cordulegaster*. Rückenschwimmer stehen fast immer zur Verfügung. Unter den Wasserkäfern ist der Gelbrand besonders geeignet. Man benötigt drei Kleinaquarien, die man mit Kiesgrund, Wasser von der Fangstelle und einigen Pflanzenstengeln einrichtet. Von den drei Versuchstieren bleibt je eins drei Tage ohne Nahrung in einem Aquarium.

Dann stellt man drei verschiedene Nahrungsangebote her:

1. Ein Reagenzglas mit einigen *Tubificiden*
2. Eine drei mm große Plastilinkugel am Faden
3. Preßsaft von *Chironomidenlarven*

	Reagenzglas	Plastilinkugel	Preßsaft
Gelbrand			
Rückenschwimmer			
Libellenlarven			

Den Versuchstieren bietet man nacheinander die drei verschiedenen Nahrungsangebote an. Die Plastilinkugel muß bewegt, der Preßsaft tropfenweise in das Aquarium gegeben werden.

Ergebnis:

Welche Tiere sind Tag-, welche Nachträuber?

Wer ist Aasfresser?

Wie unterscheiden sich Gelbrand und Libellenlarven?

7. Demonstration des Schlupfaktes bei Großlibellen

Wir sammeln im zeitigen Frühjahr einige schlupffreie Larven von Großlibellen und geben sie in ein eingerichtetes Kleinaquarium (ca. 30 cm Bodenplatte). Das Kleinaquarium sollte einen Kiesgrund haben. Es wird mit Tümpelwasser gefüllt, und einige Wasserpflanzen werden eingesetzt. Die Innenwände des Aquariums sind mit an Stäben befestigter Perlongaze zu versehen. Das Aquarium wird mit einer Glasscheibe abgedeckt. Beobachte den Schlupfakt und notiere die Beobachtung.

Wir beobachten an einigen Sommertagen mit dem Fernglas jagende Großlibellen.

Versuche die Beziehungen zwischen dem Tümpel und den umliegenden Ökosystemen gemäß dem Verhalten der Libellen zu beschreiben.

Wir setzen die geschlüpften Großlibellen am Fundort aus.

8. Beobachtung zur Fortbewegung von Insektenlarven in und auf dem Wasser

Am Beispiel der verschiedenen Libellenlarven können wir erkennen, wie einige Bewegungsarten (Rückstoßprinzip, Ruderbewegungen) in die menschliche Technik übernommen wurden. Wir sollten uns auch einmal fragen, warum sich etliche Tiere auf der Wasseroberfläche bewegen können, wie z. B. der Wasserläufer *Gerris*, andere wieder sich

von unten anheften (z. B. Wasserschnecken). Die Oberflächenspannung des Wassers beträgt ca. $70 \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{-1}$ ($7 \cdot 10^{-4} \text{ Ncm}^{-1}$).

Wir beobachten

1. Raketartige Rückstoßbewegungen bei Larven von Großlibellen wie *Aeschna*, *Anax* u. a.,
2. Behaarte Ruderbeine beim Gelbrand und dem Furchenschwimmer *Acilius*,
3. Plättchen am Hinterleib zum Rudern und Steuern bei Kleinlibellenlarven und bei Larven von *Cloëon* (hüpfende Bewegung),
4. Verringerung des Körpergewichts (Auftrieb) durch Luftblasen an der Körperunterseite bei Schwimmkäfern,
5. Verkleinerung des Wasserwiderstandes durch Einziehen der Vorder- und Mittelbeine in Körpervertiefungen (Einziehen des Fahrgestells).

9. Demonstration der Oberflächenspannung des Wassers

Geeignet ist die Schlittschuhläufer-Wanze *Gerris*. Man bringe einige Exemplare in ein Aquarium mit feinem, hellem Sand und klarem Wasser. Zur Beobachtung ist ein Aquarium in die Sonne zu stellen oder mit künstlicher Lichtquelle zu beleuchten.

Gerris huscht auf 4 Beinen stoßweise über die Wasseroberfläche. In Ruhestellung werden die 4 Berührungsstellen auf dem Sandboden abgebildet.

Erklärung: Die Oberfläche des Wassers ist eine elastische Membran, die durch die Insektenbeine leicht eingedrückt wird. Stark behaarte, eingefettete Füße mit eingezogenen Krallen erschweren das Einsinken.

Versuch: Nadel einfetten und auf Wasseroberfläche legen (sie sinkt nicht ein, nach Entfetten mit Alkohol sinkt sie sofort unter).

Die Oberflächenspannung des Wassers ist abhängig von Temperatur und Salzgehalt. Erhöhte Temperatur und hoher Salzgehalt verringern die Oberflächenspannung.

1.4 Aquaristik im Dienste der Limnologie

Als hochentwickelte technische Disziplin bietet die Aquaristik viele Möglichkeiten zur Beobachtung von Wasserorganismen und Erarbeitung limnologischer Begriffe wie Biotop und biologisches Gleichgewicht.

Dafür sind auch Warmwasseraquarien geeignet, die leicht einzurichten und zu pflegen sind. *Salmler* in einem Amazonasbecken, *Labyrinthfische* in einem Asienbecken oder ein *Cichlidenbecken* mit *Cryptocorynen* kann man über längere Zeit zur Beobachtung bereitstellen.

Interessanter jedoch aus limnologischer Sicht sind die Kaltwasserbecken. Seit jeher wurden in Kleinaquarien Süßwasserorganismen gehalten, um sie zu beobachten oder um Material für spezielle Untersuchungen zu haben. Auch für Züchtungen zum Zwecke der Bestimmung hat man seit langem mit Aquarien oder speziellen Zuchtgefäßen gearbeitet. Bei den Kaltwasseraquarien besteht die Schwierigkeit, die Temperatur über längere Zeit hindurch auch im Sommer niedrig zu halten. Die Sauerstoffanreicherung mit Hilfe der Durchlüftung durch Elektropumpen ist kein Problem. Ein Behelf zur Erhaltung von Wassertemperaturen unter 20° ist die Anwendung von fließendem Leitungswasser zur

Kühlung oder als Durchstrom, das aus physiologischen Gründen allerdings von Süßwasserorganismen nur kurzzeitig und unterschiedlich vertragen wird.

Eine gewisse Formenkenntnis kann durch Aufstellung von Kleinaquarien vermittelt werden.

Schwimmbewegungen bei Fischen, Wasserkäfern und Wasserwanzen, Rückstoßbewegungen bei Libellenlarven, Kriechen bei Schnecken und andere Fortbewegungsarten kann man demonstrieren. Sie können für längere Zeit beobachtet werden. Auch auf die Versuche zur Atmung sei hingewiesen (Kap. 1.3). Die Möglichkeit, Kaltwasseraquarien als Ergänzung limnologischer Untersuchungen einzusetzen, ist sehr vielseitig.

Schwieriger ist die Haltung und Beobachtung von Fließwasserformen. Strömung, niedere Temperaturen und hoher O₂-Gehalt sind hierfür Voraussetzung. Die Erbrütung von *Salmoniden* in besonderen Brutapparaten hat diese Bedingung von jeher berücksichtigt. Unter den zahlreichen Geräten wie Rundstromtröge und dergleichen, die in Erbrütungsanstalten eingesetzt werden, gibt es auch solche, die, zur Haltung von Fließwassertieren abgeändert, im Labor verwendet werden können. Allerdings ist bei diesen eine seitliche Beobachtung nicht möglich.

MEINEL, MATTHIAS und SCHÖCKE beschreiben einen im Selbstbau herstellbaren Rundstromkanal. Man benötigt hierfür eine 50 × 50 cm große PVC-Grundplatte, auf die zur Durchsichtbeobachtung ein Außenring aus Plexiglas und ein kleinerer PVC-Innenring aufgeklebt werden. Die Strömung wird durch eine Tauchpumpe erzeugt, und ein Schlauch dient als Überlauf. Wenn keine Umwälzpumpe zur Verfügung steht, um mit Wasser vom Fundort arbeiten zu können, muß man den Nachteil des Leitungswassers in Kauf nehmen.

Dieser Rundstromkanal ist besonders für die Untersuchung von Strömungsanpassungen bei Fließwassertieren geeignet. In ihm kann man auch Verhaltensweisen wie den Netzbau der Köcherfliegenlarve *Hydropsyche* (Beutefang) beobachten. Für experimentelle Untersuchungen steht dieses Gerät ständig zur Verfügung, kann aber Freilanduntersuchungen zur Gewinnung allgemeiner limnologischer Erkenntnisse nicht ersetzen.

Für quantitative ökologische Untersuchungen bestimmter Bachabschnitte sei auf die «Glashausmethode» hingewiesen, mit der N. CASPERS im Kottenforst bei Bonn einen Waldbach an bestimmten Stellen überbaute, um vor allem jahreszeitliche Veränderungen der *Dipteren*fauna zu erfassen (Die Emergenz eines kleinen Waldbaches bei Bonn, Reproduktion 1980).

1.5 Planktonuntersuchungen

Vor allem stehende Gewässer sind durch die Lebensgemeinschaft des **Plankton** charakterisiert. *Bakterien*, ein- und mehrzellige *Algen* und als Tiere die *Ciliaten*, *Rotatorien* und *Crustaceen* gehören ihr an. Man teilt sie ein in Bakterio-, Phyto- und Zooplankton. Plankter zwischen 5 und 60 µm rechnen zum Nannoplankton, noch kleinere Formen bezeichnet man als Ultraplankton. Ihnen allen gemeinsam ist das Schweben im freien Wasser. Über diese passive Bewegungsart hinaus besitzen die meisten Zooplankter die Möglichkeit, sich durch Schwimmen fortzubewegen.

Organismen, die zu aktivem Ortswechsel auch entgegen vorhandenen Strömungen befähigt sind, nennen wir **Nekton**, dazu gehören die Fische.

Bakterien und Algen, die in stehenden Gewässern auf der Grenzfläche zwischen Luft und Wasser eine eigene Gesellschaft gebildet haben, heißen **Neuston** (siehe Kapitel 4.3.5–7). Dichte und Viskosität des Wassers sind die physikalischen Bedingungen, die für diese Gemeinschaft als Auslesefaktoren wirken.

Echtes Plankton ist dem Freiwasserbezirk (Pelagial) größerer Gewässer vorbehalten. In Tümpeln und anderen Kleingewässern finden wir vor allem Formen aus dem Uferbereich (Litoral) der Seen.

Da die Methoden des Fangens, Aufbewahrens und Fixierens von Plankton aus Seen und Tümpeln sich nicht grundsätzlich unterscheiden, soll bereits hier darauf eingegangen werden.

Schülerübungen zur Untersuchung der Schwebefähigkeit des Planktons

Die Schwebefähigkeit des Planktons ist, abgesehen von der Dichte, auch von der Turbulenz des Wassers abhängig. Beobachte, wie in Planktonproben, die einige Zeit stehen, das Plankton absinkt. Man kann die überlebenden Formen durch Schütteln wieder in den Schwebezustand versetzen.

Die Wirkung der Turbulenz läßt sich auch mit der Schöpfflasche beweisen. Die gefüllte Schöpfflasche wird einige Stunden am Untersuchungsort an Schwimmern in einer bestimmten Wassertiefe belassen. Wenn man die Flasche heraufzieht, wird man feststellen, daß im Wasser der Flasche kein Plankton mehr zu sehen ist. Erläutere, warum zahlreiche Formen am Boden liegen.

1.5.1 Fangen, Aufbewahren und Fixieren

Planktonnetze verschiedener Art, Ausstattung und Maschenweite kann man käuflich erwerben (Abb. 2 a). Für die Selbstherstellung sei auf das Schnittmuster verwiesen (Abb. 2 b). Müllergaze ist nur über Spezialhandlungen erhältlich. Es eignet sich aber auch jedes Perlongewebe, da die Maschenweite häufig genormt ist.

Der Fang mit diesen Netzen erfordert einige Übung. Bei zu schneller Bewegung des Netzes entsteht vor der Öffnung ein Stau, der viele Formen seitwärts abdrängt.

Nach jedem Gebrauch muß das Netz heiß ausgewaschen werden, damit es von anhaftenden Formen befreit und wieder fängig wird. Dünne Proben kann man durch Zentrifugieren anreichern. Quantitative Schlüsse aus Netzfängen haben nur für eine eigene grobe Übersicht Wert.

Für die Aufbewahrung und den Transport eignen sich gut Kautexflaschen mit weitem Hals und 100 ml Inhalt. Sie werden auf Flasche und Schraubverschluß mit Datum und Nummer der Probe versehen. Bei Verwendung von Fettstiften kann man die Beschriftung durch Isopropanol wieder entfernen. Für den Lebendtransport benutzt man größere Gefäße oder Thermosflaschen. Plankton ist sehr temperaturempfindlich.

Zur Fixierung (Konservierung) benutzt man allgemein Formalin. 40%iges Formalin ist in Apotheken und Drogerien zu erwerben. Bei 10-facher Verdünnung erhält man eine 4%ige Lösung, mit der man praktisch arbeiten kann. Die zusammenschrumpfende Wirkung des Formalins auf Organismen kann man vermeiden, wenn man alkoholische Iodiodkaliumlösung verwendet. Alkohol empfiehlt sich, wenn bestimmte Exemplare für

Dokumentation oder spätere spezielle Behandlung längere Zeit hindurch aufbewahrt werden sollen. Zum Wasserentzug muß man Zooplankton durch die Alkoholreihe mit mehreren Verdünnungsstufen bis zum 96%igen Alkohol hindurch führen. So erreicht man einen schonenden Wasserentzug. Auch ein Alkohol-Glyzerin-Gemisch 10:1 kommt für besondere Fälle in Frage. Man achte aber immer darauf, für Lebenduntersuchungen im Labor vor der Fixierung eine Vergleichsprobe zu entnehmen.

1.5.2 Quantitative Planktonfänge

Für quantitative Planktonuntersuchungen benutzt man Wasserschöpfer (Abb. 4 a) oder Pumpen, mit denen man Wasser bestimmter Menge aus bestimmter Tiefe entnehmen kann.

Eine einfache Schöpfflasche für quantitative Planktonfänge läßt sich leicht selbst herstellen (Abb. 4 b). In einen grobmaschigen Netzbeutel, wie man ihn z. B. als Perlonnetz im Obsthandel benutzt, legt man einen größeren Stein zur Beschwerung. Darauf wird eine dem Inhalt nach bekannte Flasche (z. B. eine 1-Liter-Sektflasche) gestellt und der Netzbeutel am Hals der Flasche zusammengezogen. Unter dem Wulst des Flaschenhalses befestigt man eine Leine. In den zur Flasche passenden Korken wird eine Ringschraube eingedreht. Ca. 10 cm über dem Flaschenrand wird der Stopfen mit dem Ring an die Leine geknotet und die Flasche so verschlossen, daß die Leine oberhalb des Flaschenhalses eine Schlaufe bildet. Die so verschlossene Flasche kann man bis zu 50 m Tiefe versenken. Mit einem kurzen Ruck an der Leine wird in der Tiefe der Stopfen aus

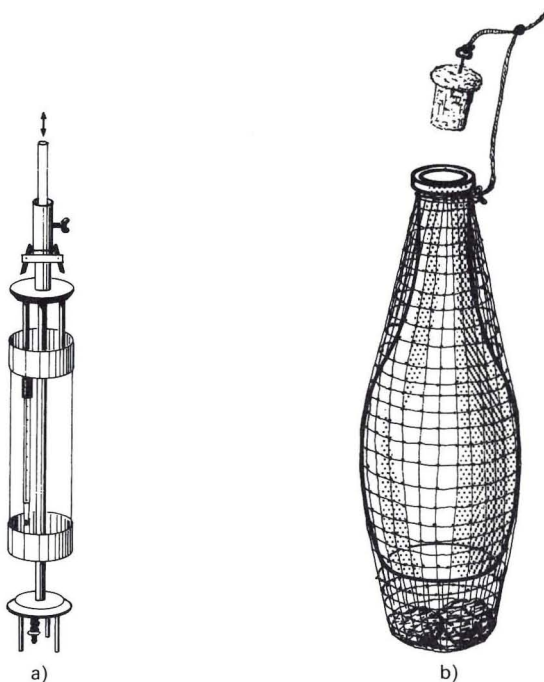


Abb. 4: a) Wasserschöpfer, b) Schöpfflasche

der Flasche herausgerissen. Sie füllt sich nun langsam mit Tiefenwasser. Nach der Füllung muß die Flasche vorsichtig an der Leine nach oben gezogen werden.

Schülerübung zur quantitativen Phytoplanktonauswertung

Die aus der Tiefe geholte Planktonprobe wird mit einer alkoholischen Iodiodkaliumlösung fixiert, bis eine leicht gelbe Verfärbung eintritt. Nach Schütteln der Probe füllt man eine 1-ml-Kolkwitzkammer und läßt sie mehrere Stunden mit aufgelegtem Deckglas stehen. Das Plankton setzt sich auf dem Boden ab und kann zwischen vormarkierten Streifen ausgezählt werden. (Die Zählstreifen stellt man her, indem man 2 Pinselborsten parallel auf den Blendenring des Okulars durch Anfetten befestigt.) Bei dichten Proben genügt es, einen Streifen bekannter Flächengröße auszuzählen und durch Multiplikation die Gesamtzahl an Planktonorganismen zu errechnen.

Quantitative Untersuchungen erfordern ein umgekehrtes Mikroskop (Objektive befinden sich unterhalb des Objektes). Da dies jedoch nur in seltenen Fällen vorhanden sein wird, kann man behelfsweise mit der Kolkwitzkammer bei schwachen bis mittleren Vergrößerungen arbeiten, wobei natürlich sehr viele Formen nicht erfaßt werden.

1.5.3 Interpretation einer Planktonprobe aus dem Zwischenahner Meer (8.6.78)

Sechs Ausschnitte, mit Vergrößerung 10×10 : Nrn. 5 a–d; Vergrößerung 10×25 : Nrn. e, f; 8.6.78.

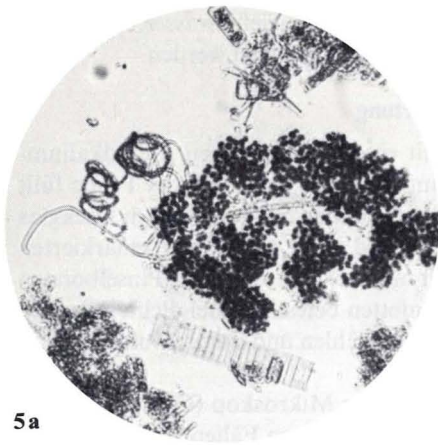
Ausschnitt Nr. 1, Abb. 5 a

Vorherrschend auf dem Bild sind zwei Anhäufungen von einzelligen Algen. Aus der unterschiedlichen Schwärzung des ungefärbten Präparates geht hervor, daß verschiedene Entwicklungsstadien der Art vorliegen. Man erkennt weiter, daß es sich um eine koloniebildende Alge handelt. Bei der Betrachtung des frischen Präparates konnte bei den jugendlichen Zellen ein gewisser Blaustich wahrgenommen werden, während die älteren Zellen gelblich verfärbt waren. Wir haben also eine Blaualge vor uns. Nach den Abbildungen ist es die Netzblaualge *Microcystis flos aquae*, die charakteristisch für schwach verschmutzte Gewässer ist und in Seen häufig Wasserblüte bildet. Bei Entnahme der Probe wurde beobachtet, daß die Wasserblüte bereits weit fortgeschritten war, da infolge der Gasvakuolenbildung in den Zellen große Massen dieser Blaualge die Wasseroberfläche bedeckten und am Ufer als Saum angeschwemmt worden waren.

Die darüber liegende spiralig aufgerollte fadenförmige Alge ist die ebenfalls zu den Blaualgen gehörige gallertige Zitteralge *Nostoc linckia*. Sie trägt zur Wasserblüte bei und ist charakteristisch für stehende Gewässer der Güteklasse II, zeigt also β -Mesosaprobie¹ an. Bereits bei der benutzten Vergrößerung 10×10 kann man auf dem Bild die Heterocysten erkennen. Der Häufigkeit nach liegt *Nostoc linckia* nach *Microcystis flos aquae* am Untersuchungstag an zweiter Stelle. Die Wasserblüte von *Microcystis flos aquae* war im Abklingen.

Zwischen den beiden Koloniehäufungen von *Microcystis flos aquae* befindet sich der Teil eines Bandes der Bruch-Kieselalge *Fragilaria capucina*. Wie alle *Fragilaria*-Arten ist

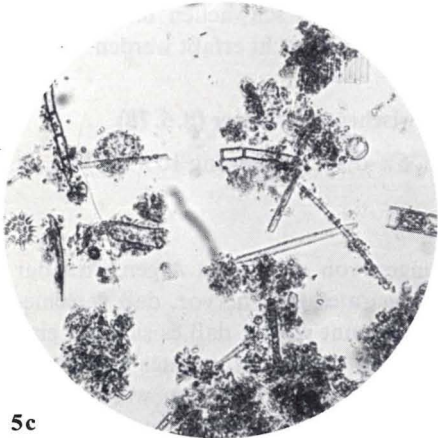
¹Die Saprobienstufen geben den Grad der Umsetzung durch Bakterien (Fäulniszustand) an. Den Saprobienstufen entsprechen die Güteklassen I–IV.



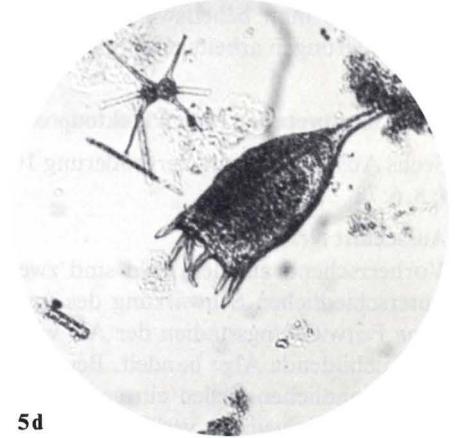
5a



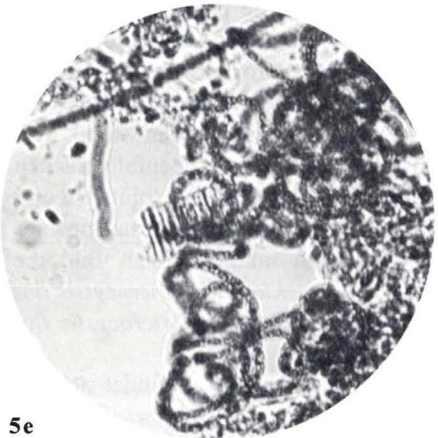
5b



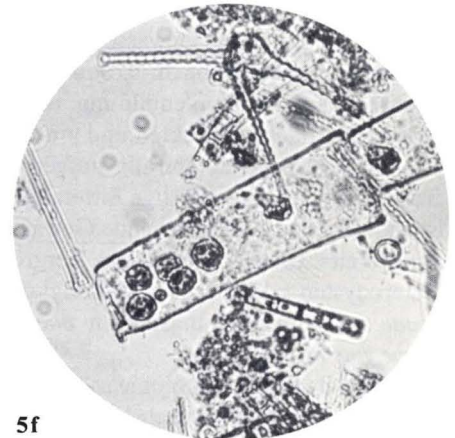
5c



5d



5e



5f

Abb. 5: Makroaufnahmen von Planktonproben. Ausschnitte a–d: Vergrößerung 10×10 ; Ausschnitte e–f: Vergrößerung 10×25 . Erläuterungen im Text

sie zur Gewässercharakterisierung nicht geeignet, denn sie kommt in vielen eutrophen Gewässern planktisch und auch als Litoralform vor.

Von größerem Interesse für Aussagen über die Beschaffenheit des Gewässers ist die Jochalge am oberen Bildrand, die bei gleicher Vergrößerung im **Ausschnitt 4, Abb. 5d** deutlicher hervortritt. Zur sicheren Bestimmung dieser Art muß man die Vergrößerung 10×25 heranziehen (siehe Abb. 5f). Mit Hilfe dieser Vergrößerung erkennt man, daß die Zellen mit Dornen besetzte Fortsätze tragen. Es handelt sich also um den Sechszähligen Dornstern *Staurastrum paradoxum*. Die Joch- oder Zieralgen sind mit besonderer Häufigkeit in Moorgewässern anzutreffen. Für die Charakteristik des untersuchten Gewässers liegt im Vorkommen dieser Alge ein Hinweis. Bemerkenswert ist allerdings die relative Seltenheit des Auftretens. Sie wurde nur dreimal im ganzen Präparat gefunden.

Ausschnitt 2, Abb. 5b

zeigt die Blaualge *Microcystis flos aquae* in verschiedenen Entwicklungsstadien. Klar tritt hier die Gallerthülle der koloniebildenden Art heraus. Ein *Fragilari*faden befindet sich ebenfalls im Präparat. Vier Fadenbruchstücke, drei unten rechts im Bild und einer oben, fallen auf, an letzterem ist eine endständige Heterocyste zu sehen. Es ist die Sumpfringelalge *Anabaena augstomalis*. Sie ist Charakterart saurer Torfsümpfe und Mooreseen. In der Probe stand sie der Häufigkeit nach an dritter Stelle.

Ausschnitt 3, Abb. 5c

Hier liegt am rechten Bildrand das Bruchstück einer fadenförmigen Kieselalge der Gattung *Melosira*. Am linken Bildrand ist das Zackenrädchen *Pediastrum boryanum*, eine Grünalge, angeschnitten. Es ist allgemein verbreitet und gilt als charakteristisch für β -mesosaprobe stehende Gewässer.

Ausschnitt 4, Abb. 5d

Im Mittelpunkt dieses Ausschnittes füllt ein Exemplar des Rädertiers *Keratella cochlearis* einen großen Teil des Gesichtsfeldes. Bei Facettenrädertieren mit langem Hinterdorn handelt es sich um Frühjahrsformen. Da die Probe im Juni entnommen wurde, kann auf ein langes, verhältnismäßig kaltes Frühjahr geschlossen werden.

Um die Frage zu beantworten, ob bei stärkeren Vergrößerungen wesentlich mehr über das Gewässer ausgesagt werden kann, sollen noch zwei Ausschnitte des Präparates in Vergrößerung 10×25 vorgestellt werden. In **Abb. 5e** ist, wie in 5a und b, ein Bruchstück eines *Fragilari*abandes zu sehen. Die Fäden der Blaualge *Nostoc linckia* treten deutlicher als in 5a hervor und lassen Heterocysten erkennen.

Ausschnitt 6, Abb. 5f

In dieser Einstellung liegt ein Teil der 2. Antenne eines Blattfußkrebsses, darauf einige kugelförmige Grünalgen. Weitere Hinweise zur Charakterisierung des Gewässers fehlen hier.

Gewässercharakterisierung

Nach der Analyse der Planktonprobe handelt es sich um ein stehendes, schwach verschmutztes Gewässer der Güteklasse II in sumpfiger, mooriger Landschaft mit gut entwickeltem Litoral. Als ursprünglicher Moorsee befindet er sich im Zustand beginn-

der Eutrophierung¹. Ein klimatisch bedingtes kühles Frühjahr hemmt zusammen mit dem Moorcharakter die Entwicklung bestimmter Formen. Wasserblüten von Blaualgen trüben das Wasser oft in hohem Maße.

Die Begutachtung des Gewässers konnte bereits durch Auswertung einer Probe mit Vergrößerung 10 × 10 erfolgen. Das Bestreben, grundsätzlich mit möglichst starken Vergrößerungen zu arbeiten, ist also als falsch abzulehnen.

Die hier vorgestellte kausalanalytische Auswertung einer Planktonprobe erfolgte vor allem unter methodischen Gesichtspunkten. Für die einwandfreie Begutachtung benötigt man aber Probenreihen zu verschiedenen Jahreszeiten, horizontal und vertikal über das Gewässer verteilt.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Art	Gewässereigenschaften
Netzblaualge	schwach verschmutztes Gewässer
Zitteralge	stehendes Gewässer Güteklasse II (β-mesosaprob)
Dornstern	Moorgewässer
Sumpfringelalge	<i>Anabaena</i> -Torfsümpfe und Mooreseen
Zackenrädchen	β-mesosaprobe Gewässer aller Art, auch im Schlamm
Bruchkieselalge	Litoralform eutropher Seen
Rädertierchen, Frühjahrsform	Gewässer mit niedrigen Frühjahrstemperaturen

1.5.4 Variabilität

Bei dem Versuch, Wasserorganismen zu bestimmen, bemerkt man bald, daß das Untersuchungsobjekt mit vorhandenen Abbildungen und Artbeschreibungen nicht völlig übereinstimmt. Gestaltsveränderungen, Abweichungen von der Norm in Hinsicht auf Größe und Farbe bezeichnen wir als Variabilität.

Variationen können genetisch, also erblich, oder umweltbedingt sein. Im letzteren Falle sprechen wir von **Modifikationen**. Solche sind z. B. Kümmerformen, die durch Überbesetzung entstehen. Bietet man diesen Populationen günstige Nahrungsverhältnisse, so zeigen sie gesteigertes Wachstum, bringen Normalformen oder sogar Übergrößen hervor.

Anders verhält es sich bei den genetisch bedingten Varietäten. Spontane Erbänderungen – sogenannte **Mutationen** – führen zu abgeänderten Phänotypen. Jedes in den Genen festgelegte Merkmal variiert im Sinne der GALTON'schen Zufallskurve in einem bestimmten Bereich. Eine Artbestimmung ist daher aufgrund eines einzigen Exemplares nicht möglich. Wir müssen immer Stichproben aus einer ganzen Population heranziehen und werden auch dann noch nicht vollkommene Übereinstimmung feststellen.

An Beispielen aus den Gruppen der *Crustaceen*, *Mollusken* und Fischen soll das Problem verdeutlicht werden.

1. Die Systematik der *Crustaceen* benutzt weitgehend morphologische Merkmale. Als Folge unterschiedlicher abiotischer Milieufaktoren kommt es bei diesen zu Veränderungen. Man unterscheidet Lokal- und Temporalvarietäten. Bei den *Phyllopodengat-*

¹eutroph = nährstoffreich

tungen *Daphnia* und *Bosmina* ist die Variabilität besonders groß. *Daphnia longispina* und *Daphnia cucullata* und *Eubosmina coregoni* bieten durch die Fülle der Formabweichungen dem Systematiker fast unüberwindliche Schwierigkeiten. Selbst in ganz benachbarten Gewässern haben sich eigene Lokalformen herausgebildet, z. B. Tümpel- oder Seenformen.

Die temperaturabhängige Zyklomorphose kann man sehr gut an *Daphnia cucullata* studieren (s. S. 161). Im Sommer, bei Temperaturen um 20°C, treten nur Formen mit spitzem Helm auf. Diese Langheligkeit verschwindet mit abnehmenden Wassertemperaturen. In den Wintermonaten findet man nur Formen mit gerundetem Kopf. Es handelt sich also um Temporalvarietäten, die im Jahreswechsel zyklisch auftreten.

Die lokalen Abänderungen der Körpergestalt beziehen sich bei *Eubosmina coregoni* vor allem auf Form und Länge der rüsselartig ausgebildeten 1. Antenne. Veränderungen der Kopfform und der Spinalänge haben bei *Daphnia longispina* zur Aufstellung zahlreicher Rassen geführt.

Die bei den *Cladoceren* meßbaren Skelettbildungen kann man nicht als feststehende Werte bezeichnen, es gibt daher keinen uniformen Genotypus.

Durch die parthenogenetische Fortpflanzungsart wird die Variabilität bei Crustaceen in dem Sinne beeinflußt, daß durch sie, mangels ständiger Umkombination der Gene, die Mutanten mit neuen Genotypen bevorzugt werden.

Hinzu kommen Hybridationsvorgänge zwischen genetisch verschiedenen Populationen in benachbarten Gewässern und zwischen Biozönosen größerer Gewässer.

Artbestimmungen sind daher oft sehr schwierig. Häufig muß man sie dem Spezialisten überlassen.

2. Bei der *Molluskensystematik* hat man fast ausschließlich die Schalen-, bzw. Gehäuseform zur Klassifizierung benutzt.

Untersucht man die *Mollusken* eines größeren Gewässers statistisch in den einzelnen Biotopen, stellt man erstaunliche Formveränderungen fest. Bei *Radix ovata* und *R. auricularia* lassen sich mühelos Reihen zusammenstellen, die übergangslos beide Arten verbinden. Es handelt sich aber zweifellos um «gute Arten», da sie in abiotisch weniger streng geprägten Gewässern deutlich zu unterscheidende Arten ausbilden. An *Lymnea stagnalis* ist die Variation besonders schön in der Gewindelänge zu erfassen. Sie ist leicht meßbar und als Index zur Gesamthöhe grafisch darzustellen. Bei den *Lymneen* handelt es sich also um besonders plastische Arten, bei denen der Artbildungsvorgang noch im Fluß ist. Je größer ein Gewässer ist, um so mannigfaltiger sind die Schalenformen. In kleinen Gewässern sind die Populationen recht einheitlich, häufig treten Mißbildungen auf.

3. Im Hinblick auf die Evolution liegen die Verhältnisse bei den *Coregonen* ähnlich.

Jeder Schweizer See birgt seine eigene Felchenart. Am Beispiel des «Laacher Sees» konnte man zeigen, daß eine dieser Schweizer Arten, in ein bisher felchenfreies Gewässer eingebracht, auf die veränderten Umweltbedingungen in dem Sinne reagierten, daß hier eine «neue Art» entstand.

Bringt man Brut eines älteren Felchenbestandes in ein für Felchen geeignetes Gewässer, so reagieren die Felchen mit Schnellwüchsigkeit, die zu besonderem Größenwachstum führt. Die im Erbgut liegende Möglichkeit zur besseren Ausnutzung des Nahrungsangebotes wegen mangelnder Konkurrenz verschiebt die Kurve der Variabilität in diesem

Sinne. Größenangaben können bei Felchen zur Artdiagnose nicht herangezogen werden. Man benutzt vielmehr unter anderen Merkmalen das Kiemensfilter. Die Anzahl der Reusenzähne auf diesem variiert zwischen 15 und 45. Die Fische mit dem engen Filter sind imstande, auch kleine Formen des Planktons zur Nahrung zu nutzen, die mit grobem Filter sind auf größere spezialisiert. Auch Unterschiede in der Nahrung haben so zum Artbildungsvorgang bei *Coregonen* beigetragen.

1.5.5 Haltung und Züchtung von Planktonformen

Fänge und Wasserproben zur weiteren Untersuchung und Beobachtung möglichst lange unter Laborbedingungen halten zu können, ist wichtig. Haltung und Züchtung bieten sehr viele Möglichkeiten für Schüleraufgaben, sind für limnologische Arbeiten aber ein Randgebiet.

In den Planktonfängen gibt es zahlreiche Formen, die kaum den Transport überstehen. Es ist aber möglich, im Labor Fundortwasserkulturen anzulegen. Hierfür eignen sich Kleinaquarien von 10 bis 20 l oder andere ähnliche Glasgefäße von 100 bis 1000 ml Größe. Auch flache Schalen sind für bestimmte Züchtungen geeignet. Diese Gläser werden mit Wasser von der Untersuchungsstelle aufgefüllt und mit einer kleinen Menge des gesammelten Materials besetzt. Die Kulturen sollten niemals dem Sonnenlicht ausgesetzt werden. Nord- und Nordostfenster sind am besten als Standorte geeignet. Bei Sonneneinstrahlung und zuviel eingebrachtem Material kommt es leicht zu Fäulnisvorgängen. Bei diesem Verfahren entstehen naturgemäß Mischkulturen. Für limnologische Zwecke kommt man mit ihnen ganz gut zurecht.

Will man physiologische oder systematische Untersuchungen durchführen, muß versucht werden, Reinkulturen zu bekommen. Zu diesem Zwecke überführt man mehrfach kleinste Fangproben in verschiedene mit filtriertem Fundortwasser gefüllte Gefäße, eine Manipulation, die viel Zeit und Aufwand erfordert. Die Kulturgefäße müssen mit Glasscheiben gegen Verstauben gut abgedeckt werden. So ist es möglich, eine Reihe von Organismen zum Nachbestimmen, zum Untersuchen und Beobachten manchmal über Wochen zur Verfügung zu haben. Man darf aus diesen Rohkulturen aber niemals quantitative Schlüsse auf die Artenzusammensetzung am Fundort ziehen, da vor allem die echten Planktonarten unter unnatürlichen Bedingungen schnell zugrunde gehen.

Bei längerer Haltung von Planktonformen ist man auf Fütterung angewiesen. Die meisten Arten stellen sehr spezielle Ansprüche an ihre Nahrung. Häufig ist deshalb die Herstellung von Reinkulturen erforderlich. Am bekanntesten ist die Fütterung von Wasserflöhen (*Cladoceren*) und Rädertieren (*Rotatorien*) mit den Grünalgen *Chlorella* und *Scenedesmus*. Auch Fütterung von Hefekulturen hat sich als möglich erwiesen. Heuaufgüsse, in denen sich schnell Bakterien und Protozoen bilden, werden Kleinkrebsen, z. B. Hüpfertieren (*Copepoden*), als Futter gereicht.

Chlorella läßt sich in rein mineralischer Nährlösung züchten. Grün-, Blaualgen und autotrophe Flagellaten entwickeln sich nur im Licht. Zieralgen kann man aus Torfwasser gewinnen. Während sich in Erd-Wasserkulturen das Wassernetz *Hydrodictyon* und das Augentier *Euglena* entwickeln, kann man aus Milchkulturen das bekannte blaue Trompetentierchen *Stentor* gewinnen.

1.5.6 Aufwuchsuntersuchungen

In Tümpel, Teichen, Seen und Fließgewässern bilden sich auf Steinen und Pflanzen Beläge. Sie bestehen überwiegend aus Faden- und Kieselalgen, Bakterien, Pilzen sowie abiotischen Ablagerungen und werden als Aufwuchs oder **Periphyton** bezeichnet. In diesem Belag siedelt sich eine arten- und individuenreiche mikroskopische Tierwelt an. Um diese Lebewelt kennenzulernen, gibt es viele Methoden. Man kann dem Gewässer Steine und Pflanzenteile entnehmen, die Beläge abkratzen und nach den üblichen limnologischen Arbeitsweisen qualitativ und quantitativ untersuchen.

Um die anhaftende Tierwelt vollständig zu erfassen, ist es notwendig, die Proben sofort nach der Entnahme in Schalen oder Teller zu bringen und die Funde dann sorgfältig auszulesen.

Das Interesse bei diesen Untersuchungen sollte sich auf die Artzusammensetzung, die Menge der Aufwuchsalgen und die Anzahl der einzelnen Tiere richten. Bei geeigneten Substraten kann auf die vertikale Zonierung geachtet werden. Hierbei ist die Abhängigkeit von Licht und anderen Faktoren kausalanalytisch ebenso wie die Verteilung der Arten und Biozönosen auf die verschiedenen Substrate zu untersuchen. Tümpel sind sehr gut geeignet, um die verschiedenen Lebensgemeinschaften des Aufwuchses kennenzulernen, während in Seen das Litoral mit Schilf- und Schwimmblattzone die gleichen Möglichkeiten bietet. Auch Fließgewässer sind von Interesse.

Als Methode für Daueruntersuchungen kommt die Objektträger- bzw. Plastikfolienmethode in Frage. In Talsperren und Seen hat man Folien zum Bewuchs ausgelegt, um den Verunreinigungsgrad festzustellen. Man vergleiche die Artenlisten mit den Leitformen des Saprobiesystems (s. Kapitel 9, Tafel 25–28).

Schülerübungen zur Untersuchung der Organismen des Litorals

1. Wir schneiden aus dem Litoral eines Sees einen Schilf- oder Binsenstengel heraus, zerlegen den Unterwasserteil vorsichtig in 10 cm lange Stengelteile und merken uns die Reihenfolge von unten nach oben. Vorsichtig schaben wir die Beläge von den einzelnen Stengelteilen in kleinere Flachschen.
Bestimme die Tiere im Aufwuchs und die Aufwuchsalgen. Vergleiche die einzelnen Stengelteile nach der Artzusammensetzung.
2. Wir beschaffen uns ein Schwimmblatt, etwa ein Seerosen(*Nymphaea*)- oder Laichkraut(*Potamogeton*)-Blatt.
Unterscheide den Aufwuchs von Ober- und Unterseite.
3. Wir spalten Holzstäbe auf und stecken zwei zusammengefügte Objektträger¹ in die Spalten. So können in verschiedenen Tiefen des Tümpels die Aufwuchsorganismen erbeutet werden. Das vertikale Einbringen der Objektträger empfiehlt sich der starken Ablagerungen wegen in eutrophen Gewässern, in oligotrophen dagegen ist es besser, die Gläser horizontal einzuhängen. Zu diesem Zweck machen wir an 4 Seiten eines großen Korkens Einschnitte, in die je 1 Doppel-Objektträger paßt. Der Korken wird

¹ Bei einfachen Objektträgern bildet sich auf beiden Seiten Aufwuchs. Beim Beobachten unter dem Mikroskop muß durch Kratzen eine Seite vom Aufwuchs befreit werden. Diese Arbeit erspart man sich durch Benutzung der «Doppel»-Objektträger.

mit Blei oder einem Stein beschwert und mit den Glasscheiben in die gewünschte Wassertiefe versenkt (s. Kapitel 4.3.2).

Die Ergebnisse der Aufwuchsuntersuchen sollten nach folgenden Gesichtspunkten ausgewertet werden:

- a) Welche Unterschiede sind zwischen besonnten und beschatteten Gewässerstellen zu erkennen?
 - b) Gibt es in vertikaler Hinsicht eine Zonierung?
 - c) Welche Unterschiede bestehen zwischen Proben aus in Gewässern evtl. vorhandenen verschiedenen Biotopen?
4. Wir legen eine Plastikfolie von 10×10 cm oder größer im Untersuchungsgewässer aus. Bringe nach einer bestimmten Zeit, etwa einem Monat, den Aufwuchs, der sich darauf entwickelt hat, ins Labor und bestimme nach Abkratzen in eine Schale das Trockengewicht (Biomasse).

2 Arbeitsanleitung für hydrologische Tümpeluntersuchungen

Gute Zugänglichkeit, geringe Größe und häufiges Vorkommen lassen Kleingewässer von Tümpelcharakter geeignet erscheinen, limnologische Grundbegriffe zu erarbeiten. Dabei soll es in den folgenden Kapiteln um die Erfassung der **abiotischen Faktoren** gehen, die in einem Tümpel wirksam werden. Darunter sind die physikalischen und chemischen Konstanten und ihre zeitlichen Veränderungen zu verstehen, die die Lebensbedingungen eines Gewässers ausmachen.

Diese Faktoren sind von besonderem Interesse, da die im Wasser lebenden Organismen mit anderen Bedingungen als die an der Luft lebenden fertig werden müssen. Es lassen sich für das Medium Wasser charakteristische Werte für Wärmeaufnahme und -abgabe erstellen. Auch kann in die tieferen Wasserschichten nicht Licht des gesamten Spektrums eindringen, sondern hier findet sich nur noch der grüngelbe Anteil. Das Wasser eines Tümpels ist zudem kein homogenes Medium, in ihm sind in unterschiedlichem Maße Sauerstoff, Kohlendioxid, Phosphate, Nitrate, Calcium usw. gelöst, außerdem enthält es feinverteilt Kolloide und Partikel. Die Menge der gelösten Stoffe ist auf komplexe Weise von äußeren Einflüssen sowie Verbrauch und Ausscheidung der Lebewesen abhängig. Alle diese Beimengungen zwingen uns dazu, die abiotischen Faktoren exakt zu ermitteln, wenn wir wirklich den Zusammenhang zwischen Biotop und Lebensgemeinschaft verstehen wollen.

Zu den weniger aufwendigen Methoden gehören die Arbeiten zur Erfassung der physikalischen Faktoren. Die Ermittlung der chemischen Werte setzt den Einsatz schon größerer Verfahrenstechnik voraus.

Aber die Zusammensetzung der Lebewesen in einem Tümpel hängt nicht allein von diesen physikalisch-chemischen Faktoren ab. Auch die Höhenlage, die geographische Breite, Größe und Tiefe, sowie die Bodenbeschaffenheit des Gewässers haben einen gewichtigen Einfluß. Wir wollen mit den Bestimmungsmethoden dieser scheinbar so äußerlichen Faktoren beginnen.

2.1 Vermessung des Gewässers

Mit den einfachen Mitteln des Bandmaßes und Theodolithes kann die Vermessung des Gewässers erfolgen. Eine Meßlatte läßt sich im Do-It-Your-Self-Verfahren herstellen. Ein Theodolith ist in den meisten physikalischen Schulsammlungen vorhanden. Hier kann man mit Winkelmesser, Lot und Lineal auch improvisieren.

Von dem nach der Karte aufgefundenen NN-Stein ist dann der Höhenunterschied zum Gewässerspiegel zu ermitteln.

Da Kleingewässer auf dem Meßtischblatt oft nicht eingezeichnet sind, ist es notwendig, wenn Katasterangaben nicht zur Verfügung stehen, die Gewässerfläche an Ort und Stelle

zu vermessen. Dazu schnürt man sie rechtwinklig ein und berechnet die von der Uferlinie angeschnittenen Flächen. Man erhält nach deren Berücksichtigung die ungefähre Flächengröße. Genauigkeit ist hier abhängig von den zur Verfügung stehenden Instrumenten.

Für die Auslotung der Tiefe benutzt man am einfachsten eine Angel. Würfe bis zu 20 m sind hiermit möglich. Die Angel muß mit Schwimmer und Senkblei ausgerüstet sein, aus dem Abstand beider ergibt sich dann die Wassertiefe. Bei der Auslotung ist zu berücksichtigen, daß Kleingewässer häufig starke Schlammablagerungen haben. Das Senkblei darf deshalb nicht so schwer sein, daß es in den Schlamm tief einsinken kann. Zwei Profile, die für die größte Längs- und Querausdehnung gezeichnet werden müssen, genügen in der Regel. Aus der mittleren Tiefe und der gemessenen Oberfläche errechnet sich das Volumen der Wasserführung.

2.2 Bodenuntersuchungen

Die für Bodenuntersuchungen benötigten Siebe können selbst hergestellt werden. Die durch das Sieben erhaltenen einzelnen Fractionen (Korngrößen) berechnet man anteilmäßig nach Gewichtsprozenten.

Tab. 1: Korngrößen

2 mm und >	= Grus
2-0,2 mm	= Grobsand
0,2-0,02 mm	= Feinsand
0,02-0,002 mm	= Schluff
Rest	= Ton

Organische Beimengungen sind vor dem Sieben durch Ausglühen zu entfernen.

Von außen (allochthon) gelangen mit dem Regenwasser mineralische Bestandteile als Sand oder Ton in die Ablagerungen. Kalk als Kruste auf Unterwasserpflanzen stammt aus der biogenen Entkalkung (s. S. 44) und sedimentiert teilweise zu Seekreide. Braune Farbe und humifizierte Pflanzenreste zeichnen den Dy genannten, kalkarmen, kolloiden Torfschlamm aus. Gyttja ist grau-schwarz bis schwarz, hat eine lockere Konsistenz, riecht nach Schwefelwasserstoff und wird durch bakterielle Mineralisierung heller. Bei Massenentwicklung bestimmter Algenarten ist die Schlammoberfläche oft grün gefärbt. Die Schicht darunter bildet den schwärzlichen Faulschlamm, während ganz unten die helleren ausgefaulten Schichten liegen. Dieser Schlamm ist zähflüssig und gut zu entwässern. Das Fließvermögen beim Schlamm ist bedingt durch die Viskosität und Plastizität als Folge des Wassergehaltes und seiner Bindung an Kolloide. Die Konsistenz der Schlammarten ist daher unterschiedlich. Unter anaeroben Verhältnissen, die oft im Tümpel auftreten, bildet sich bei Gegenwart von Eisensulfid schwarzer Faulschlamm.

2.3 Untersuchung der physikalischen Parameter

Die physikalischen Bedingungen in Kleingewässern sind sehr wechselhaft. Kleinklimatische Faktoren sind von großem Einfluß auf das Ökosystem und bestimmen seine Mannigfaltigkeit weitgehend. Hierbei sei vor allem auf die wechselnde Einstrahlung des Sonnenlichts und auf die damit verbundenen schwankenden Temperaturverhältnisse verwiesen. Auch kommen von dem eingestrahlteten Sonnenlicht je nach Art des Tümpels, d. h. gemäß seines Gehaltes an gelösten Stoffen und Partikeln, unterschiedliche Anteile zur Wirkung.

Bei der Messung der physikalischen Parameter ist grundsätzlich zu beachten, daß wir bei Tümpeln einen Wasserkörper vor uns haben, so daß wir mit einer vertikalen Zonierung rechnen müssen.

2.3.1 Strahlung

Die Quelle für alle lichtabhängigen Vorgänge im Wasser ist die Insolation oder Einstrahlung der Sonne. Elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen zwischen 400 und 800 nm ist sichtbares Licht. Ca. die Hälfte der Sonnenstrahlung geht auf dem Weg durch die Atmosphäre verloren. Da Kohlendioxid, Sauerstoff und Stickstoff der Luft selektiv absorbierend wirken, dringt nur ein überwiegend kurzwelliger Teil der Sonnenstrahlung bis zur Erdoberfläche vor.

An Luftmolekülen, Staubteilchen und Wassertröpfchen wird die Strahlung diffus zerstreut, wodurch der Himmel farbig erscheint. Am Erdboden führt die Absorption der Strahlung zur Wärmebildung. Ein Teil der Strahlung geht durch Reflexion in Form langwelliger Strahlung wieder verloren. Die Menge des reflektierten Lichtes ist vom Einfallswinkel, mit dem die Lichtstrahlen die Wasseroberfläche treffen, abhängig.

Die Erwärmung der Luft wird durch diese langwellige, «dunkle» Rot-Ausstrahlung bewirkt, die vom Erdboden in den Weltraum zurückgeworfen wird. Normalerweise nehmen die Temperaturen vom Boden nach oben hin ab. In wolkenlosen Nächten kann es aber zur Inversion kommen. Dann sind die höheren Schichten wärmer als die unteren. Wenn die reflektierte Strahlung durch die Kohlendioxidschicht der Atmosphäre zurückgeworfen wird, ergibt sich eine Glashauswirkung der Atmosphäre, d. h. es kommt zu einer sekundären Erwärmung der Luft.

Im Wasser wird die Strahlung in weit größerem Umfang über alle Wellenlängen absorbiert als in der Luft. Daher kann es vorkommen, daß die Temperaturen der obersten Wasserschichten über denen der Luft liegen. Wird die Strahlung am Boden des Kleingewässers reflektiert, erwärmt sich der Gewässerboden stärker als das Wasser in den oberen Schichten. Bei verstärkter Wärmeabstrahlung – vor allem in klaren Nächten – wird dann im Boden die Wärme längere Zeit festgehalten.

Von den spektralen Anteilen des Sonnenlichtes bleiben UV, Violett und Rot in den Oberflächenschichten, während der grün-gelbe Anteil (500–600 nm) bis in die tieferen Schichten hinabreicht. Der Absorptionskoeffizient für diese Wellenlängen ist besonders klein. Während in einer Schichttiefe von 5 m die Intensität der Gelb-grün-Strahlung noch ca. 15% beträgt, ist sie für die Strahlung von 450 bzw. 650 nm auf 3 bis 6% abgesunken.

Die Strahlungsintensität und spektrale Zusammensetzung des Lichtes ist aber auch bei gleicher Wassertiefe in verschiedenen Seen unterschiedlich. Enthält ein See z.B. eine große Menge gelöster Huminstoffe, so ist das durchdringende Licht zu längeren Wellenlängen hin verschoben.

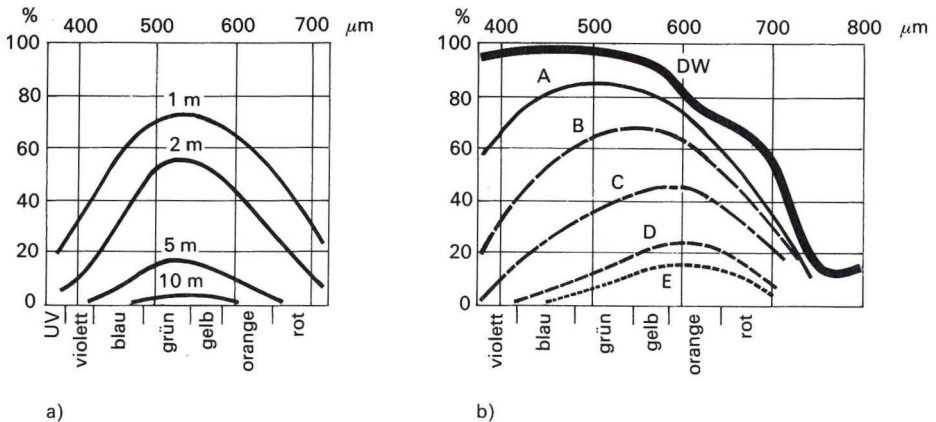


Abb. 6: Kurven zur Strahlungsenergie (nach SCHWOERBEL)

a) Spektrale Anteile des Sonnenlichtes und ihre Intensität (Prozent der auftreffenden Strahlungsenergie) in verschiedenen Tiefen eines Sees (Luzerner Untersee)

b) Durchlässigkeit für Licht verschiedener Wellenlängen für 1 m dicke Wasserschichten. DW = destilliertes Wasser, A-E = Wasser verschiedener Seen (A, B = oligotrophe Seen, C, D = eutrophe Seen, E = dystropher Moorse)

2.3.2 Eigenfarbe

Die **wellenlängenspezifische Durchlässigkeit** des Wassers für Licht und die Art der Verunreinigung des Wassers durch **schwebende Partikel** beeinflussen die Eigenfarbe des Tümpelwassers. In Grenzen spielt auch die Farbe der Umgebung eine Rolle. Die Eigenfarbe schwankt von blau über grün zu braun.

Moorgewässer mit Humusflockungen haben braunes Wasser, in den nährstoffreichen Gewässern liegt die Farbe bei grün, während man nur bei kalkreichen Gewässern eine blaue Färbung antrifft. In bestimmtem Umfang kann man so aus der Eigenfarbe des Wassers etwas über die Natur des zu untersuchenden Gewässers aussagen.

Schülerübung zur Untersuchung der Eigenfarbe

Die Eigenfarbe des Wassers wird im Vergleich mit einer festgelegten Farbskala bestimmt. Wir stellen uns dazu im Labor eine Farbreihe nach FOREL-ULE her. Dazu benötigt man je 100 ml einer blauen und einer gelben Grundfarbe. Man stellt eine blaue Lösung von 0,5 g Kupfersulfat in ammoniakalischem Wasser und eine gleiche Menge gelber Lösung als neutrale Kaliumchromatlösung her und mischt wie folgt:

Tab. 2a: Mischungsverhältnis für die Farbstufenreihe I bis XI

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
blau	100	98	95	91	86	80	73	65	56	46	35 %
gelb	0	2	5	9	14	20	27	35	44	54	65 %

Als grüne Ausgangslösung benutzt man die unter XI angegebene Mischung aus 35 % blau und 65 % gelb. Die braune Lösung wird aus 0,5 g Cobaltsulfat, gelöst in 100 ml ammoniakalischem Wasser, hergestellt.

Tab. 2b: Mischungsverhältnis für die Farbstufenreihe XI bis XXI

	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI
grün	100	98	95	91	86	80	73	65	56	46	35 %
braun	0	2	5	9	14	20	27	35	44	54	65 %

Die fertigen Farblösungen werden in Reagenzgläser abgefüllt, luftdicht verschlossen und in einem Kästchen mit Lochplatte aufbewahrt.

2.3.3 Die Sichttiefe

Die Sichttiefe hängt im wesentlichen von der nach Absorption **verbleibenden Lichtintensität** ab. Sie ist zusätzlich, neben der **Farbe** von Untergrund und Himmel, bedingt durch im Wasser schwebende Planktonorganismen, Humuskolloide und mineralische Einschwemmungen.

Die Schätzung der Sichttiefe erfolgt durch Absenken einer weißen Scheibe an einer Leine mit Dezimereinteilung. Für die genaue Lichtmessung stehen zahlreiche Geräte zur Verfügung, so z. B. wasserdicht eingebaute Photo-Belichtungsmesser.

Schülerübungen zur Untersuchung der Sichttiefe

1. Arbeiten mit einem Luxmeter

Wir messen in einem Tümpel mit einem wasserdichten Luxmeter an einem langen Kabel die Lichtintensität in verschiedener Wassertiefe.

Informiere Dich über die Arbeitsweise eines Luxmeters. Lies in einem Physikbuch über die Möglichkeiten der Lichtmessung nach und erläutere die Angaben der Lichtintensität in Lux.

2. Untersuchung der Klarheit

Für die Feststellung der Klarheit eines Gewässers betrachten wir eine große Druckschrift durch eine 10 cm dicke Schicht verschiedener zu untersuchender Wasserproben.

Wir unterscheiden:

klar, fast klar, schwach opaleszierend, stark opaleszierend, schwach getrübt, stark getrübt und undurchsichtig.

3. Tiefenwasser – Oberflächenwasser

Vergleiche Planktonfänge aus Tiefenwasser jenseits der Sichttiefe mit Planktonfängen aus dem Oberflächenwasser.

2.3.4 Temperatur

Der größte Teil der im Wasser gespeicherten Wärme stammt aus dem **absorbierten Teil der Sonneneinstrahlung**. Wasser hat eine hohe Wärmekapazität, d. h., es erwärmt sich langsam, ist aber ein guter **Wärmespeicher**.

Vor allem in den Morgenstunden ist durch Einstrahlung von Sonnenlicht und Abstrahlung im Wasser die Ausbildung einer sogenannten **Sprungschicht**, d. h. eine ausgeprägte Warm- und Kaltwasserschichtung in bestimmter Gewässertiefe, nachzuweisen. Meistens liegt sie beim Tümpel in 30 cm Tiefe. Ihre Ausbildung ist vom Strahlungsgleichgewicht abhängig.

Diese Sprungschicht entsteht durch die besondere Beeinflussung der Dichte des Wassers durch Erwärmung. Nicht durch Strahlung erwärmtes Wasser bleibt, weil schwerer, zunächst in größerer Tiefe. Die unterschiedliche Dichte verschieden erwärmten Wassers führt aber über eine Konvektionsströmung (Wärmetransport)¹ zu einer Umschichtung des Wassers. Das sich nach und nach erwärmende Tiefenwasser steigt auf, das sich abkühlende Oberflächenwasser sinkt ab.

Eine stabile Sprungschicht ist in Kleingewässern nur von kurzer Dauer. Bei längerer Sonneneinstrahlung wird die Sprungschicht unscharf. Der Wechsel zwischen Ein- und Ausstrahlung im 24-Stunden-Rhythmus des Tages ist die Ursache für die Entstehung der Konvektionsströmung, die das Wasser vertikal durchmischt. Im Kleingewässer spielt sich täglich im thermischen Bereich ab, was im Tiefengewässer See im Laufe eines Jahres vor sich geht.

Einfache Temperaturmessungen werden mit dem im Labor gebräuchlichen Quecksilberthermometer ausgeführt. Um Tiefentemperaturen in größeren Gewässern zu messen, benutzt man elektrische Widerstandsthermometer mit angeschlossenen Farbschreibern. Sollen Temperaturmessungen über eine längere Zeitspanne erfolgen, benutzt man die Umwegmethode über Messung der chemischen Reaktionsgeschwindigkeit von Rohr- und Invertzucker in eingeschmolzenen Glasröhrchen.

Schülerübungen zum Nachweis der Strahlungsabhängigkeit der Wassertemperatur

Zur Feststellung der Temperaturverhältnisse sind Messungen mit einer Meßgenauigkeit von 0,2 °C erforderlich. Nach Lage der Meßstelle zur Sonne bzw. Beschattung und zum Bewuchs sollen Messungen in verschiedenen Tiefen erfolgen. Für Tiefenmessungen benutzt man am besten eine 1-Liter-Schöpfflasche. Hierbei muß man möglichst schnell arbeiten, um Temperaturveränderungen zu vermeiden.

Wenn die Möglichkeit besteht, Minimum-Maximum-Thermometer in eine Schöpfflasche einzubringen, erhält man genauere Ergebnisse.

Meiß die Temperatur eines Kleingewässers an verschiedenen Stellen und in verschiedenen Tiefen.

¹ Wasser leitet Wärme schlecht. Seine Wärmeleitfähigkeit ist klein

Fertige eine Tabelle nach folgendem Muster an:

Temperatur im flachen Wasser: _____ Tiefe in cm: _____
 Temperatur an besonnter Stelle: _____ Tiefe in cm: _____
 Temperatur an schattiger Stelle: _____ Tiefe in cm: _____
 Datum: _____ Uhrzeit: _____ °C _____ Sonnenseite _____
 Schattenseite _____ Tiefe _____

2.3.5 Dichte

Die Dichte der Luft beträgt nur etwa den 1/375 Teil der des Wassers. Daher mußten Lufttiere Skelette für die Stütze ihrer Organe ausbilden, während das für Wassertiere vielfach nicht notwendig war. Die Wasserdichte hat Einfluß auf die Ausbildung von Formen und Organen, die für das Schwimmen und Schweben wichtig sind. Der Auftrieb von Wasser über und unter 4 °C ist beträchtlich.

Die Dichte ist von der Menge der im Wasser gelösten Stoffe abhängig. In einem Liter Süßwasser sind im allgemeinen zwischen 0,1 und 0,5 mg Stoffe gelöst, die ihrer Menge entsprechend von geringem Einfluß sind.

Die temperaturbedingten Dichteveränderungen sind viel wichtiger, weil die als **Anomalie des Wassers** bekannte Erscheinung (Wasser hat bei + 4 °C seine größte Dichte) bewirkt, daß bei Oberflächentemperaturen unter 0 °C in den tieferen Schichten ein Überleben vieler Arten möglich ist.

Tab. 3: Die Abhängigkeit von Dichte, spez. Volumen und Auftrieb von der Temperatur

Temperatur °C	Dichte g/ml	Spez. Volumen ml/g	Auftrieb g/m ²
0	0,99987	1,00013	132
4	1,00000	1,00000	0
5	0,99999	1,00001	8
10	0,99973	1,00027	273
15	0,99913	1,00087	870
18	0,99862	1,00138	1380
20	0,99823	1,00177	1870
25	0,99707	1,00293	2929

Stelle die Beziehungen zwischen Temperaturen und Auftrieb grafisch dar.

2.3.6 Reibung

Auch die innere Reibung, die Zähigkeit oder **Viskosität**, ist **temperaturabhängig**. Sie ist bei 0 °C ca. doppelt so groß wie bei 25 °C. Die **Sinkgeschwindigkeit** verhält sich umgekehrt proportional zur Viskosität. Der Einfluß des Salzgehaltes ist unbedeutend.

Schülerübung zum Einfluß der Reibung auf die Sinkgeschwindigkeit

Um den Einfluß der Reibung auf die Sinkgeschwindigkeit zu demonstrieren, kann man *Phyllopoden*plankton, das in kochendem Wasser abgetötet wurde, benutzen. Man stellt zwei Standzylinder bereit, füllt einen mit Wasser von 5–10 °C, den anderen mit Wasser von 25 °C und mißt die Sinkgeschwindigkeiten gleicher Planktonmengen.

2.3.7 Klima

Mit der Thermik ist der für Kleingewässer wichtigste Klimafaktor erwähnt. In dem größten Teil Deutschlands ist das Meer der Faktor, der das Klima bestimmt. In Meeresferne ist das Klima mehr kontinental mit stärkeren Temperaturschwankungen und schwächerer Bewölkung. In Meeresnähe – vor allem in Nord- und Westdeutschland – haben wir das Seeklima. Der maritime Einfluß bedingt ein kühles Frühjahr und einen milden Herbst. Die relativ hohen Niederschläge fallen in der kühleren Jahreshälfte. Im Binnenland aufragende Gebirge haben oft auch ein maritimes Klima. Das nördlich-boreale Klima findet sich hier nur in Höhenlagen über 1000 m.

Die Wetterabläufe in der Atmosphäre wirken sich sehr schnell auf Kleingewässer aus. Temperatur, Niederschläge, Verdunstung, Bewölkung, Sonnenscheindauer und Abkühlungsgröße beeinflussen direkt die Lebensabläufe in Kleingewässern. Eine Darstellung der Klimafaktoren ist daher wichtig. Da die Unterschiede im Großklima gering sind, ist für die Gewässercharakterisierung das Kleinklima wichtiger. Während das Großklima aus vorhandenen meteorologischen Messungen bekannt ist, müssen die Werte für das Kleinklima durch eigene Messungen gewonnen werden. Die Windeinwirkung ist nur für den O₂-Haushalt von Kleingewässern in offener Feldlage von einer gewissen Bedeutung, die Abkühlungsgröße dagegen von großem Einfluß. Sie hängt von den Verhältnissen der Oberfläche zum Wasservolumen ab. Niederschläge und Verdunstung wirken sich auf die Wasserführung aus. Im maritimen Klima sind daher die Chirocephalustümpel oft nicht periodisch, sondern häufig perennierend. Das Kleinklima wird auch von der Vegetation beeinflusst.

2.4 Untersuchung der chemischen Parameter

Chemische Untersuchungen dienen dazu, das Lebensmilieu Wasser nach seinem Gehalt an anorganischen und organischen Verbindungen zu charakterisieren. Diese liegen größtenteils als Ionen in Wasser gelöst vor.

Im Süßwasser ist der Anteil an Carbonat- und Calciumionen besonders hoch, danach folgen Sulfationen und Silikat. Von großem Interesse ist die Menge der im Wasser gelösten Gase Sauerstoff und Kohlendioxid. Kohlendioxid, das in einem bestimmten Gleichgewicht mit Carbonat steht, hat entscheidenden Einfluß auf den pH-Wert des Gewässers. Neben ihnen bestimmen vor allem Stickstoff- und Phosphatgehalt die Möglichkeiten der Entwicklung von Lebewesen in einem Tümpel. Schwefelwasserstoff und Methan treten nur unter besonderen Bedingungen auf und gehen auf die Tätigkeit bestimmter Mikroorganismen zurück.

Der Gehalt der in einem Gewässer vorhandenen Stoffe entstammt autochton der Stoffwechselaktivität der im Gewässer lebenden Organismen und allochton Einschwemmungen von außen bzw. Lösungsvorgängen (Gase).

Die chemischen Stoffumsetzungen in einem Gewässer werden in ihrer Größe von einem vielfältigen Regelkreis bestimmt, und es ist wichtig, ebenso die Minimumfaktoren zu bestimmen wie den Einfluß unnatürlich hoher Konzentrationen einzelner Stoffe. So wirkt z.B. Phosphat nur steigernd auf die Produktion pflanzlichen Materials, wenn Nitrat in ausreichender Menge vorhanden ist.

2.4.1 Geruch und Geschmack

Die Geruchsprüfung sollte immer durchgeführt werden, die des Geschmacks ist meist nicht anzuraten. Man benötigt eine 1-Liter-Glasflasche, die mehrmals mit dem Untersuchungswasser durchgespült werden soll. Nach kräftigem Schütteln werden die Geruchsstoffe frei.

Man unterscheidet:

- geruchsfrei,
- erdig bei Vorkommen von Blaualgenblüte,
- fischig bei Proben mit starker Kieselalgenentwicklung,
- modrig, faulig bei sehr stark verunreinigtem Wasser,
- chemisch bei Vorkommen von Chlor, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Phenolen.

2.4.2 Sauerstoffgehalt

Die Löslichkeit von Gasen in Wasser ist zunächst ein physikalisches Problem. Die atmosphärische Luft hat ein Stickstoff-Sauerstoffverhältnis von 1:4, die in Wasser gelöste Luft dagegen ein Verhältnis von 1:2. Die Aufnahmefähigkeit des Wassers für Sauerstoff ist temperaturabhängig: Bei 0°C vermag das Wasser in einem Liter 14,16 mg O₂ aufzunehmen, bei 30°C jedoch nur ungefähr die Hälfte, nämlich 7,35 mg. Die Entnahme von Sauerstoffproben muß daher immer mit Temperaturmessungen einhergehen.

Für das Leben im Wasser und damit für die Charakterisierung des Gewässers ist Sauerstoff der wichtigste Faktor. Auf dem Lande steht den Lebewesen bei einem Anteil von 21% immer genügend Sauerstoff zur Verfügung. Obwohl das Sauerstoff-Stickstoffverhältnis im Wasser günstiger ist als in der Luft, tritt O₂ hier oft im Minimum auf und ist damit ausschlaggebend für die Artzusammensetzung der Biozönose und deren Erhaltung.

Der im Wasser vorhandene Sauerstoff entstammt entweder der Luft oder er fällt als Assimilationsprodukt der Pflanzen an.

In pflanzenreichen Gewässerzonen kommt es oft zu Sauerstoffübersättigung, während bei gleichzeitiger Zehrung in den tiefen Schichten Sauerstoffmangel – ja sogar -schwund – festgestellt werden kann. Die Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft ist windabhängig. Da Kleingewässer meistens windgeschützt sind, ist dieser Einfluß gering. Die temperaturbedingte Sauerstoffschichtung, die Kernstück der Seetypenlehre ist, kann auch kurzfristig in Kleingewässern auftreten, für die Charakterisierung ist ihre Bedeutung allerdings gering. Da Kleingewässer sehr abhängig von der Bodenart sind, wirkt sich der Salzgehalt auch auf den Sauerstoffhaushalt aus. Je höher der Salzanteil, um so geringer ist die Löslichkeit für O₂. Salze gelangen nicht nur aus dem Boden, sondern sehr häufig auch durch künstliche Düngung in das Gewässer.

Unsere theoretischen Erkenntnisse über die Sauerstoffverhältnisse im Wasser stammen vorwiegend aus der Seenkunde. Ihre Ergebnisse können nicht ohne weiteres auf Kleingewässer übertragen werden, da geringe Fläche und Tiefe und die meist windgeschützte Lage andere Verhältnisse schaffen.

2.4.2.1 Sauerstoffbestimmung nach WINKLER

a) Probenentnahme

Für Entnahme der Proben zur Sauerstoffbestimmung nach WINKLER müssen besondere Vorschriften eingehalten werden. Da das Sauerstoffgefälle zwischen Luft und Wasser nach Ausgleich strebt, muß hier größte Vorsicht walten.

Zur Entnahme der Probe benutzt man eine Flasche mit schräg eingeschliffenem Stopfen und durch Eichung bekanntem Inhalt. Da sich in den Flaschen Luft befindet, kommt es bei deren Verdrängung während der Füllung zu einer unbeabsichtigten Sauerstoffanreicherung. Wenn man die einfache Methode der Wasserentnahme durch Untertauchen der Flasche in das Wasser immer beibehält, muß man mit diesem konstanten Fehler rechnen. Eine Methode, um diese Fehlerquelle weitgehend auszuschalten, ist das Schöpfen des Wassers mit Schüssel oder Eimer. Dabei wird eine flache Schüssel in das Wasser geschoben, ohne es aufzurühren. Mit einem Schlauch hebert man dann Wasser vom Grund der Schüssel auf den Grund der Flasche. Dabei muß man das Wasser in der Flasche mehrfach überlaufen lassen.

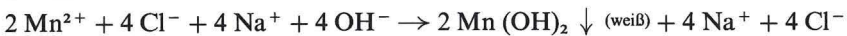
b) Fixierung

Für den Transport zum Labor sollte der Sauerstoff der Probe zuvor fixiert werden.

Bei einer 300-ml-Probeflasche gibt man an Ort und Stelle 3 ml Mangan (II)-chlorid und 3 ml Natronlauge (33%) mit Pipette auf den Boden der Flasche. Nachdem der Glasstopfen luftblasenfrei aufgesetzt wurde, ist sie gründlich umzuschütteln. An der Farbe der Trübung kann man schon in etwa den Sauerstoffgehalt schätzen:

Bei weißem Farbton ist kein Sauerstoff vorhanden, eine schwach gelbliche Verfärbung zeigt sich bei 2–3 mg Sauerstoff pro Liter und ein dunkelbrauner Farbton weist auf einen Gehalt von mehr als 5 mg Sauerstoff pro Liter hin.

Chemische Reaktionen:



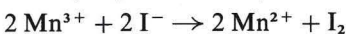
Manganchlorid hat sich über Mangan(II)-hydroxid zu braunem Mangan(III)-hydroxid umgewandelt.

c) Laborarbeiten

Die fixierte Sauerstoffprobe kann bis zur weiteren Untersuchung im Labor längere Zeit aufbewahrt werden.

Zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes wird das über dem Niederschlag stehende Wasser vorsichtig abgehebert. Dann gibt man 3 ml konzentrierte Salzsäure und 1 g Kaliumiodid in den abgesetzten Niederschlag der Flasche. Der Niederschlag löst sich. Die gut verschlossene Flasche bleibt 10 Minuten im Dunkeln stehen.

Chemische Reaktionen:



Das inzwischen freigesetzte Iod wird dann mit 0,01 n Natriumthiosulfat unter Zusatz von wenig Stärkelösung als Indikator bis zur Farblosigkeit titriert.

Chemische Reaktion:



1 ml 0,01 n $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ entsprechen 0,08 mg O_2 .

Der Sauerstoffgehalt der Wasserprobe wird berechnet nach der Formel:

$$G = \frac{a \cdot 0,08 \cdot 1000}{V - b}$$

G = Sauerstoffgehalt von 1 dm³ Wasser in mg

a = verbrauchte Titerlösung, 0,005 m Natriumthiosulfatlösung

V = Inhalt der WINKLER-Flasche in cm³

b = cm³ des durch zugesetzte Reagenzien bei der Fixierung verdrängten Wassers (also 1 cm³)

1000 = Bezugsvolumen für 1 dm³

Wenn zur Titration 4 cm³ Titerlösung verbraucht wurden und das Volumen der Winkler-Flasche 49 cm³ betrug, dann berechnet sich der Sauerstoffgehalt der Probe nach obigem Ansatz wie folgt:

$$G = \frac{4 \cdot 0,08 \cdot 1000}{49 - 1} = 6,666$$

Die Sauerstoffkonzentration des Wassers betrug 6,666 mg/dm³.

2.4.2.2 Sauerstoffbestimmung nach MERCK

Diese Methode arbeitet ebenfalls als Titrationsverfahren nach WINKLER. Für 100 Bestimmungen liefert die Firma einen Reagenziensatz mit graduierter Titrierpipette (Abstufung 0,1 mg/1). Die erforderlichen Chemikalien werden als Reagenz 1 bis 5 geliefert. Das Verfahren sieht folgende Schritte vor:

- a) Glasflasche bis zum Überlaufen mit dem zu untersuchenden Wasser füllen.
- b) Nacheinander je 5 Tropfen Reagenz 1 und 2 zugeben. Flasche blasenfrei verschließen, gut umschütteln und 1 Minute stehen lassen.
- c) 10 Tropfen Reagenz 3 zugeben, verschließen, umschütteln.
- d) Mit der so erhaltenen Lösung Meßgefäß spülen und entsprechend 5 ml bis zur Markierung füllen.
- e) 1 Tropfen Reagenz 4 zugeben und umschütteln. Lösung färbt sich violett bis blau.
- f) Titrierpipette langsam mit Titrierlösung Reagenz 5 füllen, bis der untere Rand der schwarzen Stempeldichtung mit dem Skalenteil 0 mg/1 O_2 übereinstimmt.
- g) Unter Schwenken des Meßkolbens tropfenweise Titrierlösung in die Probe geben bis Umschlag auf Farblosigkeit erfolgt.
- h) Auf der Skala der Pipette den Sauerstoffgehalt ablesen. Eine Spritzenfüllung entspricht 10 mg/1 O_2 .

Die Methode nach MERCK empfiehlt sich bei Bestimmung größerer Serien, da die fertigen Reagenzien eine gewisse Mechanisierung erlauben.

Schülerübung zur Bestimmung der Sauerstoffzehrung in einer Probe Tümpelwasser

Zoo- und Phytoplankton verbrauchen für ihre Lebensprozesse Sauerstoff. Dieser Sauerstoffverbrauch – auch Sauerstoffzehrung genannt – ist nach einiger Zeit deutlich nachweisbar.

Wir nehmen dazu zwei vergleichbare Wasserproben mit Plankton aus einem Tümpel. Bei einer Probe bestimmen wir den Sauerstoffgehalt sofort, die andere Probe stellen wir zunächst für 48 Stunden bei 20 °C dunkel, bevor wir den Sauerstoffwert bestimmen. Bestimme den BSB₅ (Biochemischer Sauerstoffgehalt nach 5 Tagen, s. Kapitel 7).

2.4.3 Kohlensäuregehalt

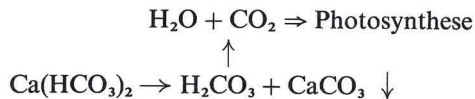
Der pH-Wert ist der am häufigsten untersuchte Wert, der auch dem Anfänger leicht zugänglich ist. Er ist entscheidend für die Beurteilung der Gewässereigenschaft. Von ihm hängt weitgehend ab, welche Organismen in einem Gewässer leben können. Der pH-Wert steht in Zusammenhang mit dem Kohlensäuregehalt des Wassers. Deshalb soll die Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der «Gewässer» an den Anfang gestellt werden.

CO₂ gelangt zum großen Teil aus dem Boden durch Grundwasser in die Tümpel. Während Luft nur 0,03% CO₂ enthält, sind im Moorboden bis zu 3,77% CO₂ enthalten. In kleinen Gewässern sind die Beziehungen zwischen Kohlendioxid (CO₂), Kohlensäure (H₂CO₃), Calciumkarbonat (CaCO₃) und Calciumhydrogenkarbonat (Ca(HCO₃)₂) von besonderer Bedeutung, da hier infolge des starken Anfalls von organischer Substanz die Zersetzungsvorgänge unter Bildung von CO₂ einen großen Anteil an den Stoffwechselfvorgängen haben. Vor allem durch die reduzierende Tätigkeit der Bakterien und Pilze entsteht beim Abbau der ins Wasser gelangten Pflanzenreste CO₂. Bei Vorliegen umfangreicher Abbauprozesse kommt es zu **CO₂-Akkumulation**, (gegebenenfalls sogar zu Methanproduktion). Diese Stoffwechselfvorgänge sind charakteristisch für pflanzenreiche, in Verlandung befindliche Kleingewässer.

Bei einem pH von 4 findet sich im Wasser nur CO₂, bei einem pH von 7–10 fast nur HCO₃⁻, überwiegend CO₃⁻ kommt im Wasser bei einem pH 11 vor.

Kohlendioxid verbindet sich mit Wasser zu Kohlensäure (H₂CO₃), diese bildet mit den im Wasser vorkommenden Ca²⁺-Ionen Calciumkarbonat (CaCO₃), das schwer wasserlöslich ist. Durch darüber hinaus noch vorhandene Kohlensäure wird CaCO₃ in leicht wasserlösliches Calciumhydrogenkarbonat (Ca(HCO₃)₂) umgewandelt.

Die grünen Pflanzen, die CO₂ aus der Kohlensäure zur Photosynthese verwenden, sind auch imstande, CO₂ dem Calciumhydrogenkarbonat zu entnehmen. Bei Verbrauch von CO₂ aus der Kohlensäure bei der Photosynthese zerfällt das Ca(HCO₃)₂



Zwischen Bildung und Zerfall von Calciumhydrogenkarbonat besteht also ein Zustand, der durch die vorhandene freie zugehörige Kohlensäure im Gleichgewicht gehalten wird. Diese Kohlensäure nimmt mit zunehmendem Calciumhydrogenkarbonat ab. Die darüber hinaus noch vorhandene überschüssige Kohlensäure wird als aggressive Kohlensäure bezeichnet.

Das CaCO₃, das beim Zerfall von Calciumhydrogenkarbonat anfällt, kann man als weißen Belag häufig vor allem auf den Blättern der Unterwasserpflanzen beobachten. Diesen Vorgang bezeichnet man als **biogene Entkalkung**. Da tagsüber durch die Assimilation mehr CO₂ verbraucht wird als nachts, sind besonnte Gewässer abends häufig kohlensäurefrei.

Zwischen kalkreichen und kalkarmen Kleingewässern besteht im Kohlensäurehaushalt ein Unterschied. Die aggressive Kohlensäure fällt im kalkhaltigen Wasser als Calciumkarbonat aus und ist damit gebunden, in schwach gepufferten Kleingewässern dagegen kommt es zu einem starken Ansteigen der aggressiven Kohlensäure, worauf die Artenarmut saurer Gewässer beruht.

Schülerübung zur Bestimmung der freien Kohlensäure

100 ml der Wasserprobe in einen Kolben geben (Schütteln vermeiden!), einige Tropfen 1%ige Phenolphthaleinlösung hinzufügen, 0,1 n Natriumhydroxidlösung aus einer kleinen Bürette unter leichtem Schütteln bis zur schwachen bleibenden Rotfärbung titrieren. Chemische Reaktion:



Da durch das Umschütteln evtl. CO_2 entwichen ist, wird eine zweite Titration, bei der man die ermittelte Menge NaOH auf einmal zugibt, ein genaueres Ergebnis bringen.

Ein Mol NaOH entspricht einem Mol Kohlendioxid (44 g CO_2), bei Anwendung einer 0,1 n Natriumhydroxidlösung 1 ml also 4,4 mg CO_2 . Da man aber mit 100 ml Untersuchungswasser arbeitet, muß man die verbrauchten ml NaOH mit 44 multiplizieren, um auf mg/l freie Kohlensäure zu kommen.

Bestimme die freie Kohlensäure

1. in Sprudelwasser von 4°C ,
2. in Sprudelwasser von 30°C ,
3. in Leitungswasser von ca. 9°C ,
4. in erhitztem Leitungswasser bei ca. 90°C .

Bei Sprudelwasser mit hohem Kohlensäuregehalt 1,0 n Natriumhydroxidlösung verwenden. Stelle das Ergebnis grafisch dar.

2.4.4 Wasserstoffionenkonzentration und Säurebindungsvermögen

Wasser besteht, vereinfacht ausgedrückt, aus Wassermolekülen (H_2O) und Wasserstoff- (H^+) und Hydroxidionen (OH^-). Reines Wasser ist nur in geringem Maße dissoziiert.

$$\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = K = 1,8 \cdot 10^{-16} \quad (25^\circ\text{C})$$

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K \cdot [\text{H}_2\text{O}] = K_w = 10^{-14} \quad \text{mol/l}$$

Unter der Wasserstoffionen-Konzentration versteht man die Anzahl Mole aktiver Wasserstoffionen in einem Liter Wasser. Man benutzt aber diese Zahl nicht selbst, sondern wählt den für die Praxis bequemerem dekadischen Exponenten und bezeichnet diesen als **pH-Wert** ($\text{pH} = \text{potentia hydrogenia} = \text{Masse des Wasserstoffs}$). Den pH-Wert kann man also als den Logarithmus des reziproken Wertes des Gehaltes an freien Wasserstoffionen definieren.

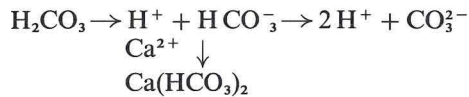
Die Formel hierfür lautet:

$$\text{pH} = \log \frac{1}{\text{H}^+} = -\log \text{H}^+$$

Wenn z. B. die Konzentration von $H^+ = 10^{-5}$, dann ist der pH-Wert $\log \frac{1}{10^{-5}}$, d. h. $\log 10^5 = 5$.

Ausschlaggebend für den pH-Wert in natürlichen Gewässern ist der Gleichgewichtszustand zwischen der Kohlensäure und ihren Salzen. Ist dieser vorhanden, ist das Wasser neutral, die Zahl der H-Ionen und OH-Ionen gleich und der pH-Wert damit 7. Steigt durch den Einfluß der Kohlensäure der H-Ionenanteil, muß der OH-Anteil fallen. Beim Überwiegen der H-Ionen liegt saure, beim Überwiegen der OH-Ionen alkalische Reaktion vor. Für das Leben im Wasser ist der neutrale Bereich der günstigste. Bei einem pH-Wert von 5 können nur noch säureunempfindliche Organismen gedeihen. Je nach enger oder weiter Anpassung an die Wasserstoffionenkonzentration kann man die Organismen als eury- oder stenohydrogenion bezeichnen.

Humussaure Gewässer haben einen niedrigen pH-Wert, sind nährstoffarm und im Extrem lebensfeindlich, die kalkreichen dagegen (mit einem pH-Wert zwischen 7 und 8) sind imstande, Kohlensäure zu binden und als Hydrogencarbonat für die Assimilation bereitzustellen.



Man sagt, kalkreiche Gewässer haben ein hohes **Säurebindungsvermögen (SBV)**.

Das Säurebindungsvermögen gibt an, wieviel mmol Salzsäure ein Liter Wasser neutralisieren kann.

Das dann im Calciumhydrogencarbonat vorliegende Calcium ist über seine Wirkung als Nährstoff hinaus für die **Pufferung** eines Gewässers verantwortlich. Von ihr hängt die Produktion der Biomasse ab, die für Kleingewässer naturgemäß von geringem Interesse ist. Es gilt: HCO_3^- puffert das Gewässer im Bereich von pH 7 und pH 8. Der Gehalt an CO_2 und CO_3^{2-} ist dann relativ gering.

Im SBV und im pH-Wert haben wir zwei Indikatoren für den Gewässerzustand, die für die biologischen Vorgänge von großer Bedeutung sind und daher zur Charakterisierung herangezogen werden müssen. Zwischen dem SBV, dem $CaCO_3$, dem Hydrogencarbonat, der freien zugehörigen Kohlensäure, und dem pH-Wert bestehen bestimmte Beziehungen:

Bei einem pH-Wert um 8 und freier zugehöriger Kohlensäure von 0,1 mg/l Wasser liegt (nach SCHUBERT) das SBV bei 0,5, der Kalkgehalt ($CaCO_3$) bei 14 mg/l und HCO_3^- bei 22 mg/l. Bei einem SBV von 8, einem Kalkgehalt von 224 mg/l und einem Hydrogencarbonatgehalt von 354 mg/l liegt die freie zugehörige Kohlensäure bei 147 mg/l und der pH-Wert bei 6,9.

Sind in einem Gewässer viel Calcium- und Magnesiumverbindungen vorhanden, so bezeichnet man das Wasser als hart.

Schülerübungen zur Bestimmung des pH-Wertes und des SBV

1. Für eine ausreichend genaue Bestimmung des pH-Wertes eines Gewässers stehen uns Teststäbchen (Indikator-Papiere) zur Verfügung. Durch einen Vergleich mit der beigegebenen Farbskala sind die pH-Werte auf 0,5 genau abzulesen.

Untersuche den pH-Wert verschiedener Gewässer der Umgebung.

- a) Regentonne
- b) Stadtwaldteich
- c) Bach
- d) Leitungswasser
- e) Wasserlache am Straßenrand
- f) Sprudelwasser

2. Das Säurebindungsvermögen wird als Salzsäurebindungsvermögen mit 0,1 n HCl gegen Methylorange (0,1%ig) als Indikator titriert.

In 100 ml einer Wasserprobe, der man 1 bis 2 Tropfen der Methylorangefärbung zugesetzt hat, läßt man aus einer Bürette 0,1 n Salzsäure bis zum Farbumschlag von gelb zu bräunlich-gelb (Zwiebelfarbe) zufließen. Da der Farbumschlag für Ungeübte schwer zu erkennen ist, empfiehlt es sich hier, mindestens zwei Titrationen durchzuführen. 1 ml, 0,1 n HCl entspricht 2,8 mg CaCO₃.

2.4.5 Wasserhärte

Calcium- und Magnesiumverbindungen bestimmen die Härte des Wassers (**Gesamthärte**).

Einen Teil davon bezeichnet man als Carbonathärte oder **temporäre Härte**. Er entspricht dem Anteil, der auf Carbonat- oder Hydrogencarbonatverbindungen zurückgeht. Der verbleibende Rest wird dadurch verursacht, daß Sulfat-, Nitrit-, Nitrat-, Phosphat- und Chloridionen vorliegen. In Bezug auf Calciumsulfat und Magnesiumverbindungen spricht man auch von **permanenter Härte**.

Biologisch wichtig für die Vorgänge im Wasser ist allein die Carbonathärte.

Die in der Literatur angegebenen Werte für dH° (Deutscher Härtegrad) und SBV sind problematisch, da sämtliche Erdalkalitionen als CaCO₃ angegeben werden, diese aber in einem Gewässer nicht vorkommen.

Tab. 4: Umrechnungstabelle nach MERCK

	Erdalkalitionen mmol/l	Erdalkalitionen mval/l	Deutscher Grad dH°
1 mmol/l Erdalkalitionen	1,00	2,00	5,60
1 mval/l Erdalkalitionen	0,50	1,00	2,80
1 Deutscher Grad	0,18	0,357	1,00

Schülerübungen zur Bestimmung der Gesamthärte

1. Das dem Aquamerck Reagenziensatz beigegefügte Meßgefäß wird bis zur Markierung gefüllt. Man gibt eine Indikatortablette hinzu. Die rote Lösung wird dann mit der Titrierlösung (Präzisionspipette) bis zum Grünumschlag titriert.

Ein Tropfen Titrierlösung entspricht 1 dH° (Deutscher Härtegrad) = 0,18 mmol Erdalkalitionen pro Liter.

2. Für die Zwecke der Kleingewässeruntersuchung ist auch der Ca²⁺-Test verwendbar. Die Tests von Merckoquant arbeiten mit Teststreifen. Sie bestehen aus einer Kunststoffolie auf der empfindliche Substanzen in besonderen Kombinationen aufgebracht worden sind. Die Stäbchen sind weitgehend selektiv und vom pH-Wert unabhängig.

Man taucht die Testzone in die Wasserprobe und vergleicht mit einer beigegebenen, deutlich abgestuften Farbskala. Diese ist unterteilt wie folgt:

0, 25, 50, 100, 250 mg Calcium pro Liter

Zwischenwerte können geschätzt werden. Erläuterungen und Hinweise über den Einfluß anderer Ionen sind angegeben. Bei kühler und trockener Lagerung sind die Streifen mindestens 2 Jahre lang haltbar.

3. Bestimmt man zunächst nach Merckoquant die Gesamthärte, so können die Werte für Magnesium als Differenz ermittelt werden.

2.4.6 Ammonium, Nitrit und Nitrat

Nitrat ist ein wichtiger Stickstofflieferant für Wasserpflanzen und Phytoplankton und wird von einigen Bakterien verwertet, wobei u. a. Ammonium entsteht (**Nitratammonifikation**). Die Nitratwerte schwanken in den Gewässern stark nach Jahreszeit. Nitrat kann zu einem Minimumfaktor werden. Im Vergleich zu Nitrat ist Nitrit nur geringfügig im Wasser vorhanden. Ammonium kann von vielen pflanzlichen Organismen direkt aufgenommen werden. Auch dieses Ion wird von vielen Mikroorganismen verwertet und dann seinerseits zu Nitrit und weiter zu Nitrat oxidiert (**Nitrifikation**).

Nitrit und Nitrat sind aber auch Verschmutzungsindikatoren, die oft nebeneinander vorkommen.

Schülerübungen zur Bestimmung von Ammonium, Nitrat und Nitrit

1. Bestimmung mit Merckoquant-Stäbchen

Auf den Teststreifen sind 2 Zonen aufgetragen, eine für Nitrit und eine für Nitrit und Nitrat. Der Nitratgehalt einer Wasserprobe kann als Differenz ermittelt werden.

2. Bestimmung des Nitritgehalts mit dem Titrationsverfahren nach Aquamerck

Diese kolorimetrischen und titrimetrischen Verfahren, die man als halbquantitativ bezeichnen kann, arbeiten genauer als die Teststreifen.

Man benötigt dafür einen auf ebener Fläche aufgestellten Komperatorblock. Zwei Gläser werden mit dem zu untersuchenden Wasser gefüllt. Die Reagenzien kommen nur in das dem Prüfer zugewandte innere Glas. Die Farbtabelle wird von rechts eingeschoben, bis die mit den Reagenzien versetzte Probe mit der Farbfläche der Blindprobe übereinstimmt. Der Meßwert kann dann rechts abgelesen werden.

3. Bestimmung von Ammoniak

Auch zur Bestimmung von Ammoniak gibt es einen Aquamerck-Reagenzien-Satz. In einem Konzentrationsbereich von 0,05 bis 0,08 mg/l NH_4^+ arbeitet er mit einem zehnstufigen Farbvergleich.

2.4.7 Bestimmung des Gehalts an organischen Stoffen (Kaliumpermanganatverbrauch)

Beim Kaliumpermanganatverbrauch handelt es sich um eine Summenbestimmung organischer Stoffe durch chemische Oxidierbarkeit.

Die Natur dieser organischen Stoffe ist chemisch sehr vielfältig. Sie entstammen natürlichen Abbauprozessen oder zum sehr großen Teil Einleitungen häuslicher, gewerblicher oder industrieller Abwässer. Die Oxidierbarkeit dieser Stoffe benutzt man oft zur Bewertung der Verschmutzung schwach belasteter Gewässer.

Verfahren: Zum Entfernen der oxidierbaren anorganischen Ionen werden 100 ml einer Probe mit 5 ml Schwefelsäure (36 Gew. %) versetzt und zum Sieden gebracht. In die siedende Lösung werden 15 ml Permanganatlösung (0,01 mol/l) pipettiert. Nach 10 min Sieden werden 15 ml Oxalsäure (0,01 mol/l) zugesetzt, die das nicht umgesetzte Permanganat reduziert und selbst dabei zu CO₂ und Wasser oxidiert. Die in der Lösung verbleibende Menge an Oxalsäure entspricht dem Permanganatverbrauch der Probe. Sie wird mit Permanganatlösung (0,01 mol/l) bis zur beständigen Rosafärbung zurücktitriert.

Mit Kaliumpermanganat werden jedoch die oxidierbaren organischen Stoffe nur zum Teil erfaßt. Alkohole, Ketone und andere im Wasser vorkommende Verbindungen sind ausgenommen. Folglich muß man damit rechnen, daß durch die Kaliumpermanganatmethode nur 25 % aller oxidierbaren Stoffe berücksichtigt werden. Bei dieser Methode zeigen sich also die Grenzen chemischer Wasserbestimmungen.

Daher benutzt man anstelle des Kaliumpermanganatverbrauchs die **CSB-(Chemischer Sauerstoffbedarf)Methode**. Mit dieser Methode wird die Menge Sauerstoff bestimmt, die zur vollständigen Oxidation organischer und anorganischer Verbindungen zu CO₂ und H₂O benötigt wird. Sie dient vor allem der Untersuchung von Abwässern.

2.4.8 Sulfat, Phosphat, Eisen, Chlorid

Sulfat beeinflusst stark die Gesamthärte des Wassers. Es wird vom Phytoplankton und anderen photoautotrophen Organismen aufgenommen.

Sulfat unterliegt andererseits einer mikrobiellen Zersetzung zu Schwefelwasserstoff (**Desulfurikation**), das im übrigen durch die Zersetzung von Eiweißstoffen toter Organismen entsteht. Schwefelwasserstoff wird wiederum von anderen Mikroorganismen zu Schwefel und weiter zu Sulfat oxidiert (**Sulfurikation**). Wie schon bei den Stickstoffverbindungen finden wir auch hier einen Stoffkreislauf.

Phosphat ist in nicht verunreinigten Gewässern nur geringfügig vorhanden. Anorganisches Phosphat wird von photoautotrophen Organismen verwertet und in die Nahrungskette eingeschleust.

Das im Sediment und Detritus vorliegende Phosphat ist meist an **Eisen** (III) fest gebunden. Nur bei starker Sauerstoffarmut, wie sie gerade in Flachgewässern auftreten kann, geht dieser Phosphatanteil in Lösung und gelangt in die trophogene Zone (Nährzone).

Chlorid ist in allen Gewässern enthalten. Eine gegenüber dem Natriumion übergewichtige Chloridkonzentration ist auf eine Verunreinigung zurückzuführen.

Schülerübungen zur Bestimmung von Sulfat, Phosphat, Eisen und Chlorid

Zur Prüfung der Konzentration dieser Ionen stehen Aquamerck-Reagenziensätze zur Verfügung.

Man richte sich nach den Beschreibungen, die den Packungen beiliegen.

2.5 Mikroskopieren

Eine Gebrauchsanleitung ist Mikroskopen im allgemeinen beigegeben, die man den Teilnehmern des Kurses erläutern sollte. Darüber hinaus müssen aber didaktische Hilfen gegeben werden.

2.5.1 Das Mikroskop und Einstellungsübungen

Nach Erklärung der wichtigsten Teile des Mikroskops wie Okular, Objektiv, Kondensor, Grob- und Feintrieb, Kreuztisch, Objektträger, Deckglas, Spiegel oder Leuchte beginnt man am besten mit Einstellungsübungen durchsichtiger Dauerpräparate, die man selbst herstellen oder auch käuflich erwerben kann.

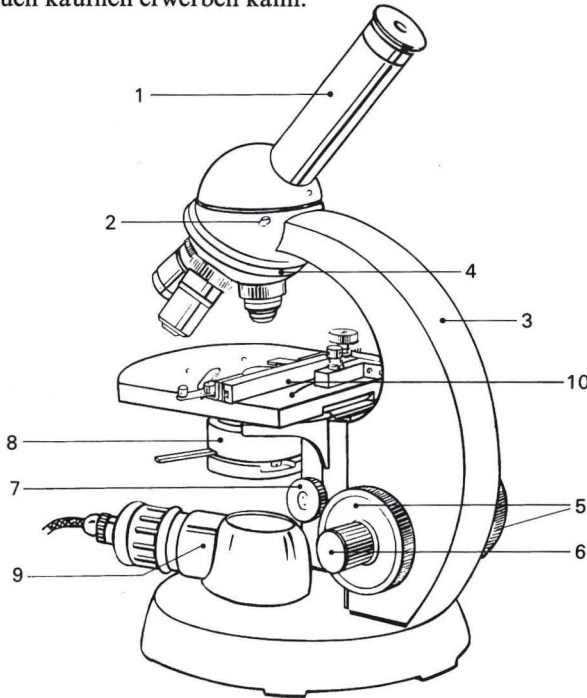


Abb. 7: Mikroskop (Standard-Junior-Mikroskop KF 3210, Zeiß-Winkel)

1 Tubus, 2 Klemmschraube, 3 Tubusträger, 4 Drehring für Objektive, 5 Triebtrad für Grobbewegungen, 6 Triebtrad für Feinbewegungen, 7 Schraube zur Höhenregulierung des Kondensors, 8 Kondensor, 9 Mikroskopierleuchte, 10 Objekttisch

Hinweise:

- Bei Mikroskopen mit Objektivwechsler ist beim Einschrauben der Objektive auf die richtige Reihenfolge zu achten.
- Jede Berührung der Linsen ist zu vermeiden, Fingerabdrücke sind mit einem weichen Leinentuch zu entfernen.
- Der Kondensor wird zweckmäßigerweise in seine höchste Stellung gebracht. Die Frontlinse bei schwachen Vergrößerungen herausklappen.

- Vor Einsetzen des Okulars in den Tubus öffne man die Kondensoririsblende und bewege den Spiegel hin und her bis die Hinterlinse des Objektivs gleichmäßig hell erscheint. Bei Einbauleuchten ist das nicht erforderlich. Dann setze man das Okular ein und schließe die Kondensorblende zur Hälfte und stelle mit dem Grobtrieb annähernd scharf ein. Mit dem Feintrieb erfolgt dann die Feineinstellung. Die Kondensorblende sollte nicht dazu benutzt werden, stark abzublenden. Zur Lichtminderung verwendet man besser ein Graufilter.
- Immer wird zunächst die schwächste Vergrößerung eingeschaltet, denn das überschaubare Feld und die Tiefenschärfe sind dann am größten.
- Die Vergrößerung errechnet man aus den Gravuren auf Okular und Objektiv. Bei einem Objektiv 3,5 und einem Okular $10\times$ ist die Gesamtvergrößerung 35-fach.
- Mittels Klammern befestigt man das Präparat auf dem Objektisch und nähert mit Hilfe des Grobtriebs das Präparat dem Objektiv. Je nach Mikroskopart wird dabei der Tubus entweder gesenkt oder der Tisch gehoben. Die meisten Objektive haben einen Präparatenschutz, trotzdem ist größte Vorsicht geboten, da Anfänger leicht das Deckglas zerquetschen.
- Beim Mikroskopieren gewöhne man sich daran, eine Hand immer am Feintrieb zu haben, um durch ständiges Auf- und Abbewegen das ganze Präparat in seiner Tiefe durchmustern zu können. Man arbeite immer mit entspannten Augen und gleichem Augenabstand zum Okular. An die Seitenverkehrtheit des mikroskopischen Bildes muß man sich gewöhnen.
- Bei Benutzung eines monokularen Mikroskopes muß man sich unbedingt zwingen, beide Augen offen zu halten. Das Beobachtungsaue ist gelegentlich zu wechseln. Brillenträger mit sphärischen Gläsern behalten am besten die Brille auf und benutzen Okulare mit Gummiaufgabe.

2.5.2 Objektive

Die Gravur auf dem Objektiv, z. B.

$$\frac{25 \cdot 0,65}{170 \cdot 0,17}$$

gibt nicht nur die Einzelvergrößerung an, sondern ist darüber hinaus für die praktische Arbeit von Bedeutung.

25 ist die Maßstabzahl. Mit der Okularvergrößerung multipliziert, ergibt sich die **Gesamtvergrößerung**.

0,65 ist die numerische Apertur ($n \cdot \sin \alpha$), sie ist der Sinus des halben Öffnungswinkels multipliziert mit der Brechzahl des Stoffes ($n_{\text{Luft}} = 1$) zwischen Deckglas und Frontlinse. Die numerische Apertur ist wichtig für das maximale **Auflösungsvermögen**, das sich beispielsweise durch Verwendung von Immersionsöl ($n_{\text{Öl}} = 1,6$) bei starker Vergrößerung erheblich erhöht. Je höher die numerische Apertur, um so deutlicher werden zwei nebeneinanderliegende Punkte abgebildet, d. h. der Trennungsabstand (**d**) zwischen 2 Punkten verringert sich, da

$$d = \frac{\text{Wellenlänge}}{\text{num. Apertur}}$$

Die Zahl 170 gibt an, daß das Objektiv auf eine Tubuslänge von 170 mm abgestimmt ist. Die bei diesem Objektiv benutzten Deckgläser sollen 0,17 mm dick sein. «Plan» bezeichnet ein Achromat mit Bildhebung, für Hellfeldbeleuchtung benutzt man ein Auflichtobjektiv mit der Beschriftung «epiplan», für Dunkelfeldbeleuchtung das gleiche Objektiv HD. Mit «Ph» sind Phasenkontrastobjektive, mit «Fl» Fluorid-Trokensysteme, mit «Öl» Objektive mit 100-facher Eigenvergrößerung gekennzeichnet. Nur letztere sollen mit Immersionsöl benutzt werden.

2.5.3 Okulare

Auf den Okularen bedeutet die Beschriftung die **Eigenvergrößerung**. Man hat die Wahl zwischen $5\times$ bis $15\times$, mit einer 10-fachen kommt man für die meisten Zwecke aus.

2.5.4 Beleuchten (Köhlern)

Bei Mikroskopen mit Kondensator ist dieser grundsätzlich am oberen Anschlag in der richtigen Stellung. Zur Beleuchtung nach KÖHLER genügt ein leichtes Senken.

Die KÖHLERSche Beleuchtung ist vor allem für die Mikrophotographie von Bedeutung. Man benötigt dafür eine Mikroskopierleuchte mit Kollektor und Irisblende. Die



a) Präparat ohne Rücksicht auf die Beleuchtung scharf eingestellt



b) Leuchtfeldblende abgebildet



c) Leuchtfeldblende zentriert



d) Leuchtfeldblende geöffnet

Abb. 8: Einstellen der Beleuchtung. Aus Karl Zeiß, Einführung in die Mikrophotographie

Mikroskopierleuchte wird so aufgestellt, daß auf dem Planspiegel ein ca. 8 mm großer Fleck entsteht. Dann hebt man den Kondensor bis zum Anschlag und entfernt das Okular. Durch Verstellen des Spiegels erreicht man helle Ausleuchtung der Hinterlinse des Objektivs. Nun kann man das Okular wieder einsetzen und das Objekt mit dem Objektiv 10 betrachten. Nach Schließen der Leuchtfeldblende muß man deren Bild in die Mitte des Sehfeldes bringen. Jetzt kann man den Rand der Blende mit dem Kondensor scharf einstellen und die Leuchtfeldblende so weit öffnen, daß das ganze Sehfeld frei ist und gleichmäßig ausgeleuchtet wird.

Durch Benutzung der Kondensorblende kann man nun das Präparat kontrastreich einstellen bis das Bild optimal erscheint.

Dieses ziemlich komplizierte Verfahren ergibt sehr gute Bilder und vereinfacht sich erheblich, wenn man eine Einbauleuchte verwendet. Vor allem gilt das für lichtstarke Niedervoltleuchten, die für die Mikrophotographie unentbehrlich sind.

2.5.5 Photographieren

Man photographiert immer mit dem Okular des Mikroskops, benötigt also nur eine Aufsetzkamera. Jede Spiegelreflexkamera 24×36 mm mit Mikrozwichenstück ist geeignet. Als Film empfiehlt sich ein schwarz-weiß Kleinbilddfilm 15 Din. Wenn keine geeignete Meßvorrichtung für die Lichtstärke zur Verfügung steht, muß man Probeaufnahmen machen. Sie sind die sicherste Methode und infolge der Preisgünstigkeit des Aufnahmematerials zu empfehlen. Man belichtet 1/10, 1/5, 1/2 1, 2 Sekunden und hat unter diesen 5 eine gut geeignete Aufnahme zu erwarten. Für Aufnahmen lebender Objekte eignet sich der Ringblitz. Im übrigen ist Mikrophotographie ein Spezialgebiet, für das ausreichende Literatur bereitsteht.

2.5.6 Zeichnen

Zeichnen ist für den Mikroskopiker unentbehrlich. Photographieren dient vor allem der Dokumentation, während die Zeichnung Einzelheiten, die für die Artbestimmung wichtig sind, festhält. Zeichnen muß daher von jedem Kursteilnehmer verlangt werden. Hilfsgeräte wie Zeichenspiegel und dergl. sind aus der Literatur zu ersehen.

2.5.7 Bestimmen

Das Bestimmen der gefundenen Formen erfordert große Übung. In sehr vielen Fällen muß man sich mit der Bestimmung der Gattung zufriedengeben. Die Bilderbuchmethode ist die schnellste, erfordert aber eine gute Erfassung der Formenunterschiede. Die Gefahr der Fehlbestimmungen ist hier nicht auszuschließen. Bei systematischen Arbeiten muß die Aussage 100%ig stimmen, bei ökologischen Untersuchungen kann man eine gewisse Menge von Fehlbestimmungen einkalkulieren. Da ökologische Schlußfolgerungen sich nicht auf eine Art stützen, wird der Fehler in etwa ausgeglichen. Bei der Bestimmung nach dem Habitusbild muß immer der Vergleich mit der Artdiagnose erfolgen (siehe Kapitel 9).

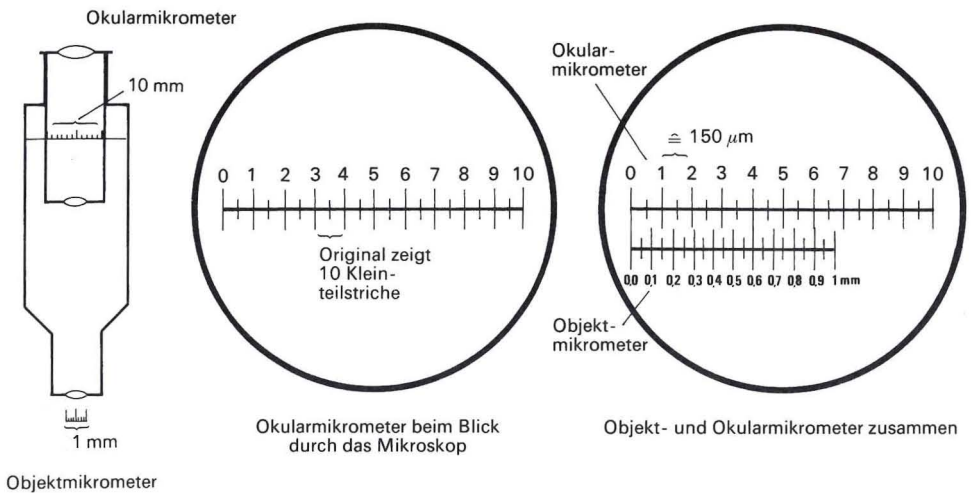


Abb. 9: Messen mikroskopischer Objekte

2.5.8 Messen der Objekte

Größenangaben sind für die Bestimmung sehr wichtig. Als Maß gilt das Mikrometer = $1/1000$ mm. Man benötigt ein Okularmikrometer, das immer zur Verfügung stehen muß, und ein Objektmikrometer, das man zur einmaligen Eichung ausleihen kann. Das Okularmikrometer hat eine Strichskala mit $1/10$ mm Abständen und kann auf den Blendening im Okular aufgelegt werden. Das Objektmikrometer ist ein Objektträger mit Strichskala von $1/100$ mm Abständen.

Will man den Mikrometerwert für ein 10-fach vergrößerndes Okular feststellen, stellt man die Skala auf dem Objektmikrometer scharf ein und bringt die Skala des Okularmikrometers so daneben, daß die Nullpunkte nebeneinander stehen. Jetzt sucht man auf beiden Skalen die Stelle, an der die Striche beider Skalen sich decken und liest ab, wieviel Teilstriche des Okularmikrometers der Teillänge des Objektmikrometers entsprechen und hat damit die Länge, die einem Teilstrich des Okularmikrometers gleichkommt. Sind 40 Kleinteilstriche im Okularmikrometer gleich $0,6$ mm ($600 \mu\text{m}$) im Objektmikrometer, so ist ein Kleinteilstrich gleich $600 : 40 = 15 \mu\text{m}$. Diese Eichung gilt nur für das benutzte Okular. Die anderen Okulare müssen entsprechend geeicht werden. Die Ergebnisse trägt man in eine Tabelle ein, die dann immer für Messungen zur Verfügung steht.

2.5.9 Dauerpräparate

Für die Herstellung von Dauerpräparaten steht in den Kursen meist wenig Zeit zur Verfügung. Trotzdem ist es erforderlich, in bestimmten Fällen einfache Dauerpräparate herzustellen, um die Formen durch spätere Vergleiche oder Nachbestimmung weiter bearbeiten zu können. Zum Einbetten eignen sich die verschiedensten Kunstharze und auch Glycerin. (Für die Herstellung dieser Präparate sei wieder auf die Spezialliteratur verwiesen.)

2.5.10 Färbung

Zur Herstellung einer für pflanzliche Objekte geeigneten Farblösung benötigt man 1,2 g Alizarinviridin, das in 100 ml 5% wäßrigem Chromalaun 5 Minuten lang gekocht wird. Nach Abkühlung wird mehrere Male filtriert. Formalinmaterial muß vor der Färbung mit Wasser ausgewaschen werden. Die Dauer der Färbung beträgt 12 Stunden. Einbettung erfolgt in dickflüssigem Glycerin. Als Dauerpräparat betten wir in Glycerin-Gelatine ein und umranden mit einem Lackring.

Für tierisches Material ist eine Farblösung aus 5 g Kalialaun in 100 ml aqua dest., der man 2 g Karmin zugibt, geeignet. Die Lösung muß 20 Minuten kochen, nach Abkühlung muß filtriert werden. Man färbt mit einer verdünnten Lösung von 1:4 ca. 18 Stunden. Das fixierte Material muß durch die Alkoholreihe (70–100%) in Xylol überführt werden. Als Einschlußmittel eignen sich Kunstharze (siehe Tabelle 5).

Tab. 5: Arbeitsschritte zur Herstellung eines gefärbten Dauerpräparates

-
1. Fixieren: 15 Minuten in Alkohol (96 %ig oder 70 %ig)
 2. Alkohol-Eisessig 3:1 (zum Fixieren) 15 Minuten
 3. 70 %iger Brennspritus (zum Auswaschen) 2 Minuten
 4. 70 %iger Brennspritus (zum Auswaschen) 3 Minuten
 5. Alkoholische Boraxkarminlösung 12–24 Stunden
 6. 70 %iger Alkohol (zum Auswaschen) 1 Minute
 7. Salzsäure-Alkohol (zum Entfernen überschüssiger Farbe aus dem Plasma) 1 Stunde
 8. Salzsäure-Alkohol 1 Stunde
 9. 96 %iger Alkohol (zum Entwässern) 10 Minuten bis 1 Stunde
 10. Methylbenzoat (zum Entwässern) 20 Minuten bis 1 Stunde
 11. Einen Tropfen Caedax auf einen Objektträger bringen
 12. Objekt einsetzen und Deckglas auflegen
 13. Präparat eine Woche lang bei 60° im Wärmeschrank trocknen
-

2.5.11 Ruhigstellung lebender Objekte

Crustaceen und andere große Objekte werden bereits durch Auflegen des Deckglases an der Bewegung gehindert. Dabei besteht die Gefahr, daß das Objekt zerquetscht wird. Bei einiger Übung ist diese Gefahr aber zu umgehen.

Eine erprobte Methode der Ruhigstellung ist die Verwendung von Quittenschleim. 1 g Quittenkerne werden in 1 l Wasser 24 Stunden lang eingeweicht; in diesem Medium wird die Bewegung der Tiere stark eingeschränkt. Die gleiche Wirkung erreicht man durch Verwendung von Methylzellulose, die zur Herstellung von Kleister verwendet wird.

Zur Narkose lebender Objekte werden verschiedene Narkotika empfohlen. Für eine schonende langsame Betäubung des Untersuchungsmaterials bringt man dieses in eine Weithalsflasche mit der Betäubungslösung. In Verdünnungen 1:1000 eignet sich MS 222 von Sandoz, Basel, für die meisten Wassertiere. Ferner sei darauf hingewiesen, daß auch die Fixierungsmittel Formol und Iodiodkalium bei vorsichtiger Dosierung benutzt werden können.

3 Einteilung der Kleingewässer und ihre exemplarische Bearbeitung

Kleingewässer werden häufig auch als Flachgewässer bezeichnet. Beide unterscheiden sich aber durch ihre Flächenausdehnung. Der **Weiherr**, als Heide-, Wald- oder Stadtweiherr weit verbreitet, ist der Typus eines ausgedehnten Flachgewässers, das typische Kleingewässer ist der **Tümpel**. Unter dieser Bezeichnung sind die Kleingewässer des Hochgebirges – auch Lacke oder Lache genannt – und die des Flachlandes – Feld- oder Wiesentümpel – bekannt.

Klein- und Flachgewässern gemeinsam ist, daß sie **keine lichtlose Tiefenzone**, in der Seenkunde Profundal genannt, haben. Die nachstehende Einteilung der Kleingewässer ist der Versuch einer Klassifizierung der vorherrschenden Typen nach Grundwasserverhältnissen, Bodenart, pH-Wert und Artenreichtum.

Nach den Grundwasserverhältnissen

Periodische Tümpel	Perennierende Tümpel
-----------------------	-------------------------

Nach den Bodenarten

Tümpel auf Sandboden mit seenartiger Fauna	Tümpel auf tonhaltigem Boden mit Arten- und Individuenarmut	Sapropelische Tümpel auf Schlammboden mit Artenarmut
--	---	--

Nach pH-Wert

Alkalische Tümpel	Neutrale Tümpel	Azide Tümpel	Hochazide Tümpel
----------------------	--------------------	-----------------	---------------------

Nach der Artenzahl

Artenreiche Tümpel: Wiesentümpel mit pH 6–7 Moortümpel mit pH 5–6 Sphagnumtümpel mit pH 4–5 Sandbodentümpel mit seenartiger Fauna	Artenarme Tümpel: Tonbodentümpel mit Individuenarmut Schlammbodentümpel (sapropelische Tümpel)
---	--

Die unterschiedlichen abiotischen Faktoren der periodischen und perennierenden Kleingewässer greifen tief in Bestand und Zusammensetzung der Biozönosen ein. Die Periodizität ist niederschlagsbedingt und grundwasserabhängig, ihre Folgen sind Austrocknen im Sommer und Einfrieren der Biotope im Winter. Der kurze Zeitraum nach der Schneeschmelze bietet nur speziell angepaßten Formen Möglichkeiten zur Entwicklung und Fortpflanzung. Bei einigen Arten scheint die Anpassung so weit gegangen zu sein, daß das Überdauern unter physiologisch ungünstigen Bedingungen Voraussetzung für ihre Entwicklung ist. Das typische Beispiel dafür ist der Großblattfußkrebs *Chirocephalus*. Man hat Kleingewässer mit dieser Leitart als **Chirocephalus-grubei-Tümpel** typisiert.

Ein sehr in die Augen fallendes Merkmal mancher kleinen Gewässer ist das Fehlen einer höheren Vegetation. Im Gegensatz zu ihrer Pflanzenarmut steht häufig ihr Reichtum an Zooplankton. Solche Tümpel finden wir vor allem als Almtümpel im Hochgebirge. Eine reiche pflanzliche und tierische Besiedlung weist der eutrophe Flachlandtümpel auf. In der Regel bildet sich auf ihm eine *Lemnadecke* aus, die eigene thermische Verhältnisse schafft. Tümpel im Moor, *Lagg* genannt, zeichnen sich durch hohe Azidität aus. Ihre Armut an Ionen ist Ursache für ihre geringe Besiedlung.

Aus obigen Hinweisen erkennt man, daß es zwar möglich ist, Kleingewässer zu gruppieren, eine Klassifizierung, wie wir sie in der Seetypenlehre bei den Binnenseen haben, war bisher aber nicht möglich. Daher muß jeder Tümpel als Einzelfall behandelt und monografisch beschrieben werden. Nur so entgehen wir der Gefahr einer falschen Schematisierung.

Schülerübungen zur Auswertung von Tümpeluntersuchungsergebnissen

- Wir entnehmen im späten Herbst von einer Tümpelstelle, die zur Zeit trockenliegt, mehrere Bodenproben und bringen sie in Kleinaquarien, die man mit Regenwasser auffüllt. Die Aquarien sollten nicht zu warm stehen.
Beobachte diese Aquarien laufend, entnimm Wasserproben und untersuche die Fauna makro- und mikroskopisch (mit Lupe und Mikroskop). Notiere die Ergebnisse. Sind Krebse ohne optische Hilfsmittel zu erkennen? Untersuche mit dem Mikroskop auf *Ciliaten* (Wimpertierchen).
- Wir achten im Rahmen einer Schulwanderung auf Reste von Tümpeln.
Bestimme die dort vorhandene Vegetation, stelle sie in einer Tabelle zusammen und vergleiche einige dieser Resttümpel. Entnimm Bodenproben und bringe diese in Kleinaquarien ein, fülle mit Regenwasser auf und beobachte, was sich im Wasser an Lebewesen zeigt.

3.1 Heideweiher «Schwarzes Wasser» bei Wesel am rechten Niederrhein

Gewässercharakteristik:

Lage	5 km nördlich von Wesel
Größenangaben	Länge 120 m, Breite 44 m, Tiefe 0,75 bis 1,40 m
Entstehung	In der Nacheiszeit
Boden	Sand auf Ton und Lehm
Chemismus	pH-Wert = 4,1–5,3, saures Gewässer
Klima	Atlantisch
Flora	Zwischenmoor mit Birken und Kiefern, früher <i>Lobelia</i> Juncetum, Sphagnumbestand, Freiwasserbezirk
Fauna	Wasserkäfer, <i>Culiciden</i> , 18 <i>Phyllopodenarten</i> , 7 <i>Copepodenarten</i>

Entstehung und Geschichte

Das Naturschutzgebiet «Schwarzes Wasser», 5 km nördlich von Wesel, wurde vom 15.4.1955 bis 17.5.1956 durch die Niederrheinische Limnologische Gesellschaft e.V. erforscht. Das Gewässer liegt in einer niedrigen Dünenlandschaft, die in der frühen Nacheiszeit durch Windaufwehungen aus westlicher Richtung entstanden ist. Auf diesen



10a



10b

Abb. 10: Heideweier «Schwarzes Wasser» bei Wesel (Foto MIEGEL). Wasserstand in einem trockenem Jahr (a), in einem regenreichen Jahr (b)

ausgelaugten Sandböden entwickelte sich im feuchten, atlantischen Klima in der Folgezeit eine Heidevegetation, der sich als Wald ein Eichen-Birkenwald anschloß. Ihm folgte durch Kultivierungsmaßnahmen der Kiefernwald. Die zwischen den Dünen liegenden Senken wurden weitgehend in flaches Ackerland verwandelt, in den verbleibenden bildeten sich auf tonigem Untergrund Sümpfe, Heideweiher und Randmoore. Die meisten von ihnen sind neueren Kultivierungsmaßnahmen zum Opfer gefallen. Im Zuge der fortschreitenden Zivilisation verwandelten sich die letzten offenen Wasserflächen in Sümpfe, die bald zu Moorwiesen, Heideland oder Bruchland wurden. Der Bruchwald ging in Trockenwald über. In ca. 100 Jahren schrumpfte dieses große Feuchtgebiet zu dem Rest des heutigen Heidewehers (Abb. 10) zusammen. Obwohl das Gebiet unter Naturschutz gestellt wurde, ist diese Entwicklung in den letzten Jahrzehnten rasant fortgeschritten. 1840 wurde hier die seltene nordische Wasserlobelie (*Lobelia dortmanna*) erwähnt. Sie war damals die im «Schwarzen Wasser» vorherrschende Pflanzenart. Mit zunehmender Bewaldung kam es zu vermehrter Laubeinwehung und damit zu stärkeren Verwesungsvorgängen im Gewässer, die von ihr nicht vertragen wurden.

Hydrographie

Das «Schwarze Wasser» ist ungefähr 44 m lang und 120 m breit, es ist an den tiefsten Stellen bis zu 1,40 m tief (Abb. 11). Der Untergrund des Weihers besteht in den Randgebieten aus schwachen Torflagen, während in der Mitte reiner Sandboden vorhanden ist.

Das Gewässer ist ohne Zufluß und wird auch nicht durch Grundwasser gespeist. Regenmenge, relative Luftfeuchtigkeit, Verdunstung und Sonneneinstrahlung beeinflussen den Wasserstand und die physikalisch-chemischen Verhältnisse. Der Wasserstand ist großen jährlichen und jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. In trockenen Jahren kommt es zu einer Senkung des Wasserspiegels bis 0,75 m. Dann fallen natürlich weite Uferstrecken trocken. Durch einen Ablauf im Westen wird der Höchstwasserstand auf 1,40 m gehalten.

Der Chemismus des Gewässers ist aus nachstehender Analyse (Tab. 6) zu ersehen:

Tab. 6: Chemische Verhältnisse im «Schwarzen Wasser» (nach BURCKHARDT), siehe auch Abb. 13
Durchschnittswerte aus 8 bis 10 über das Jahr verteilten chemischen Untersuchungen des Schwarzen Wassers:

1. aus dem östlichen Verlandungsteil (mit *Sphagnum* und *Drosera*)
2. aus dem Freiwasserbereich
3. aus dem westlichen Verlandungsteil.

	Ges. Härte dH°	SBV mmol/l	Carb. H. dH°	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	Alkalien			pH-Wert
								Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ + K ⁺ mg/l	
1	1,66	- 0,21	- 0,59	0	12,4	0,21	28,9	5,47	2,48	5,84	4,55
2	1,20	+ 0,03	+ 0,09	1,89	11,5	0,06	15,5	5,42	1,91	5,66	4,76
3	1,17	- 0,09	- 0,25	0,46	12,6	0,40	17,9	4,80	2,13	6,10	4,35

Klima und Vegetation

Das Klima ist atlantisch, damit relativ milde mit geringen jährlichen Temperaturschwankungen und hohen Niederschlagsmengen.

Aus diesem Klima erklärt sich das Vorkommen atlantischer Holzgewächse wie *Sarothamnus scoparius*, *Ilex aquifolium* und *Genista anglica*. Nordische oder boreale Florenelemente wie *Hypericum elodes* und *Elisma natans* erreichen hier ihre südliche Verbreitungsgrenze. Die am «Schwarzen Wasser» aufgewehten Sande sind kalkarm, daher gedeiht dort nur eine spärliche, artenarme Vegetation. Innerhalb des Dünengebietes wechselt die Bodenfeuchtigkeit auf kleinstem Raum, so daß Stellen vorhanden sind, auf denen an Trockenheit angepaßte Pflanzen wachsen, während sich auf Staunässe Birkenbruch gebildet hat.

Das untersuchte Gewässer liegt demnach im Florenbereich der Holarktis¹. Boreale, mitteleuropäische und subboreale Elemente herrschen vor, während atlantische und subatlantische von Westen vordringen. Kosmopoliten sind stark vertreten. Nach der Vegetation ist das «Schwarze Wasser» als Zwischenmoor einzuordnen.

Biozöosen (Lebensgemeinschaften)

Das «Schwarze Wasser» ist ein Gewässer, in dem man deutlich drei chemisch und biologisch unterschiedlich charakterisierte Bereiche feststellen kann. Nach dem Vorkommen von Pflanzen bzw. nach den Pflanzengesellschaften teilt man ein in (Abb. 12):

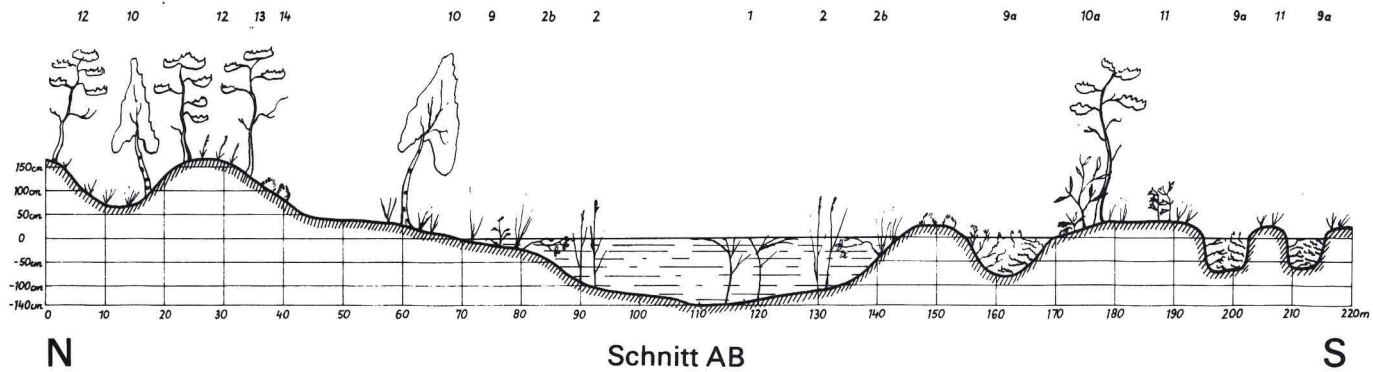
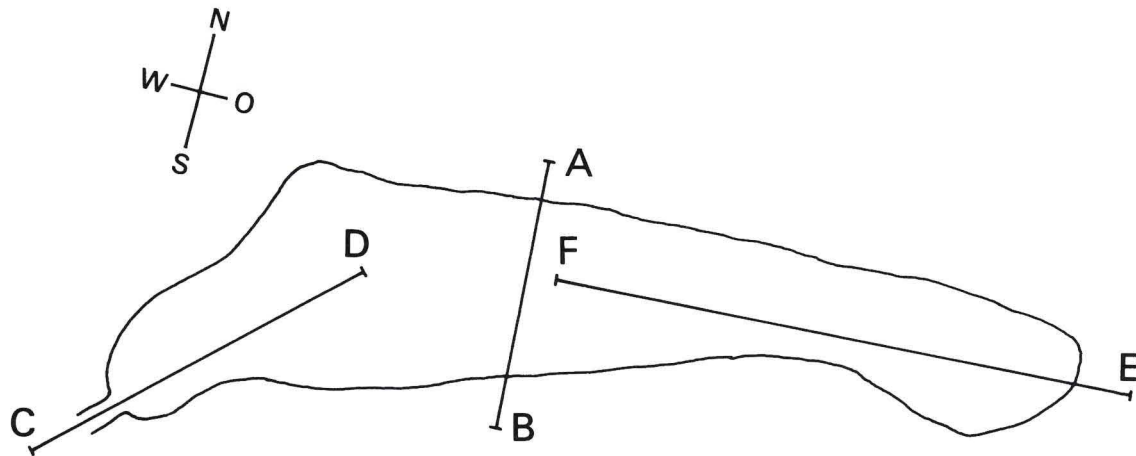
1. **Sphagnum-recurvum-Schwingrasen** (Torfmoosgesellschaft, 3)
2. **Freiwasserbiotop** (ohne sumerse, unter Wasser lebende, Vegetation)
3. **Juncetum** (Binsengesellschaft, 8)

Diese drei Biotope gliedern den Weiher in seiner Längserstreckung von Ost nach West. Im Sphagnum wird viel organische Substanz erzeugt, das Juncetum zeigt wenig Bewuchs und im freien Wasser befindet sich keine Vegetation.

Die folgenden Abbildungen verdeutlichen, welche chemischen Unterschiede im Biotop diesem verschiedenen pflanzlichen Bewuchs parallelgehen. In den drei Diagrammen 13 a, mit b und c sind die festgestellten Beziehungen zwischen Gesamthärte, freier Säure und Carbonathärte wiedergegeben. Für die biologischen Vorgänge ist allein die Carbonathärte – auch temporäre Härte genannt – wichtig. (Sie konnte nur im Freiwasser und für den Spätherbst im Juncetum erfaßt werden.) Ein wesentlicher Wert für die Bestimmung der Gewässereigenschaft ist ihre Azidität. In den Abbildungen 13 a–c ist der Gehalt an freier Kohlensäure angegeben. Wir sehen, daß im Sphagnum-recurvum-Bestand mehr freie Kohlensäure vorhanden ist als im Juncetum. Nur in der Freiwasserzone ist keine Kohlensäure meßbar. Die freie Säure, die sich in der Uferzone durch heterotrophe Organismen bildet, wird im Freiwasser weitgehend als Hydrogencarbonat abgebunden. Entsprechend sind hier die Werte für die Carbonathärte angebbar.

Ein Zusammenhang zwischen Carbonathärte und freier Säure läßt sich nicht direkt ableiten, da an der Bildung der Gesamthärte neben den Carbonat-Ionen eine Vielzahl anderer Ionen beteiligt ist (Abb. 14).

¹Holarktis: nördliche gemäßigte und kalte Zone. Die Kälte des Winters ermöglicht eine Vegetationsruhe.



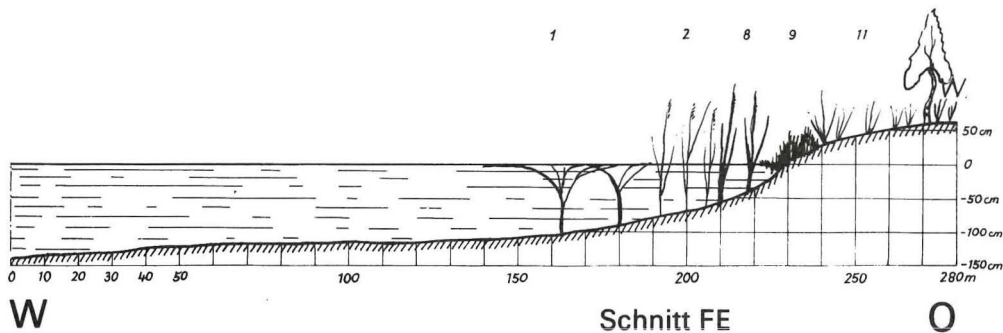
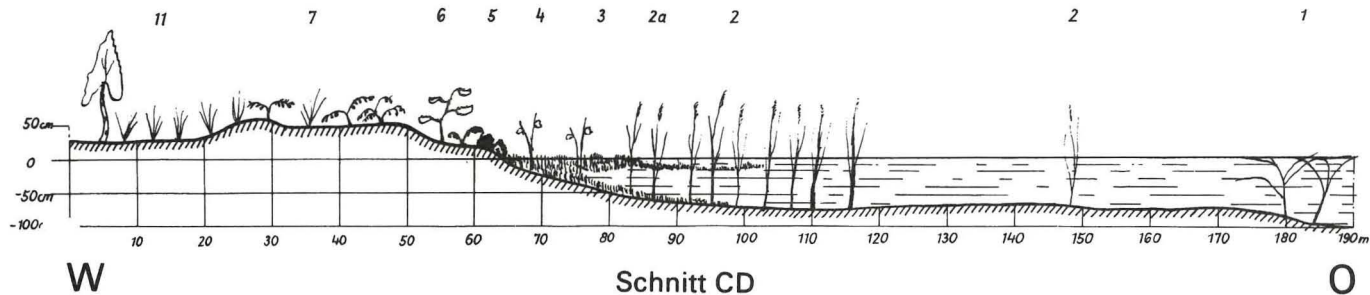


Abb. 12: Profile und Pflanzengesellschaften (nach BURCKHARDT)

a) Lage der Profilschnitte

b) Pflanzen- und Pflanzengesellschaften

1 *Glyceria fluitans*-Bestände (Flutender Schwaden), 2 *Caricetum* (Seggenriedgesellschaft), 2a *Sphagnum cuspidatum*-*Euriophorum angustifolium*-Gesellschaft (Spießtorfmoosgesellschaften), 3 *Sphagnum recurvum*-Sumpf-Schwingrasen (Schilf), 4 *Sphagnum recurvum*-Sumpf, aufsitzend, 5 *Polytrichetum* (Moosgesellschaft), 6 *Ericetum tetralicis* (Glockenheide), 7 *Calluno-Genistetum* (Sandginsterheiden), 8 *Juncetum* (Binsengesellschaft), 9 *Littorellion* mit *Eleocharis* (Sumpfbirse) und *Hydrocotyle*, 9a *Littorellion* (Strandlingsgesellschaft) mit *Utricularia minor* (Wasserschlauch), 9b Uferzone mit *Menyanthes trifoliata* (Fieberklee), 9c Uferzone mit *Comarum palustre*, 10 *Quercu-Betuletum* (Stieleichen-Birkenwald) und Kiefernforst, 10a *Quercu-Betuletum* und Edelkastanie, 11 *Quercu-Betuletum molinietosum*, 12 *Scirpus*-Rasen (Teichbinse), 13 Kiefernforst aus *Corynephorretum* (Silbergrasflur) hervorgegangen, 14 freies Wasser ohne Bezeichnung, *Corynephorretum*

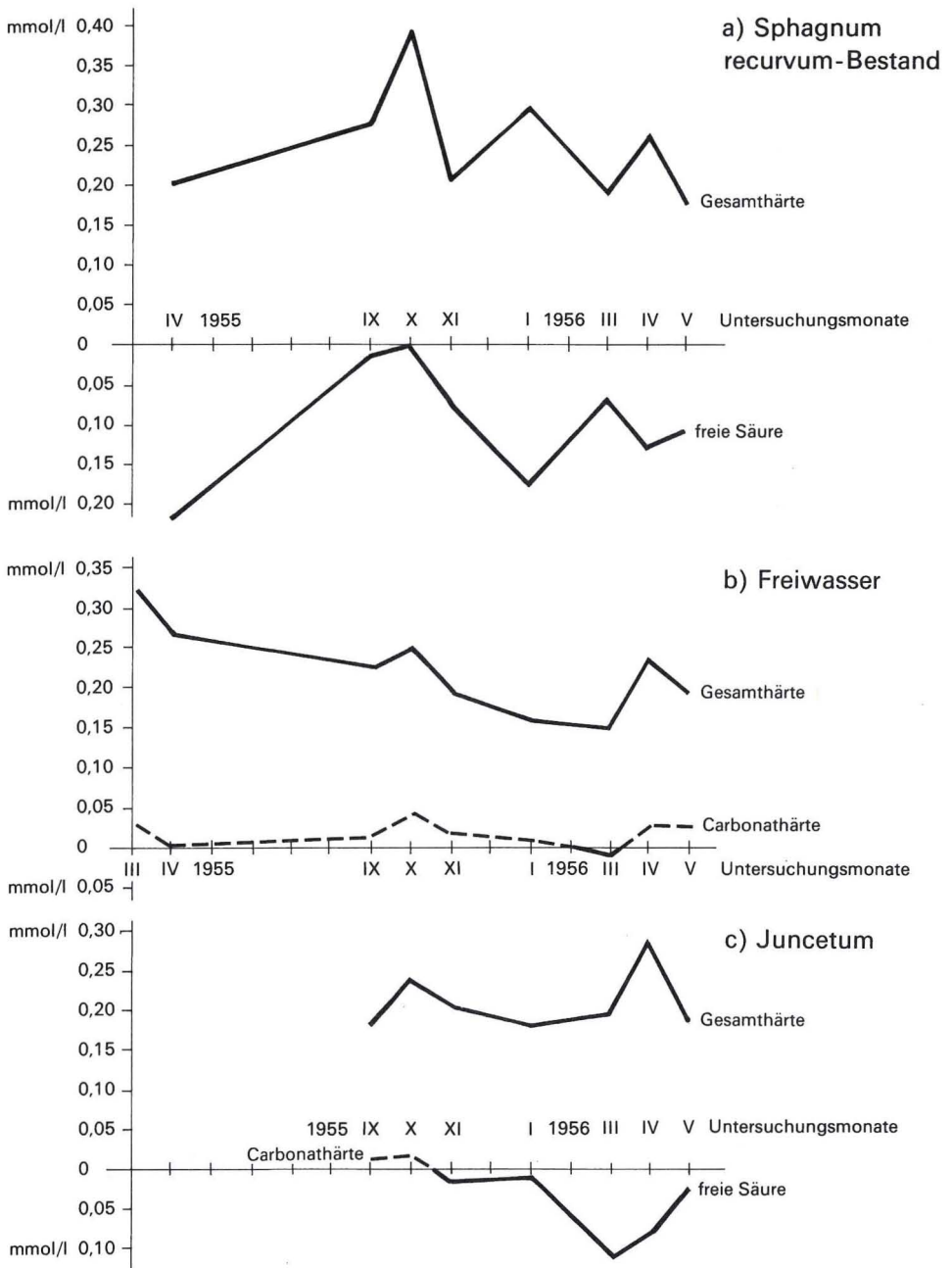


Abb. 13: Chemische Verhältnisse im «Schwarzen Wasser» (nach HERBST). Messung der Gesamthärte (GH), der freien Säure bzw. der Carbonathärte (CH) a) im Sphagnum-recurvum-Bestand, b) im Freiwasser, c) im Juncetum

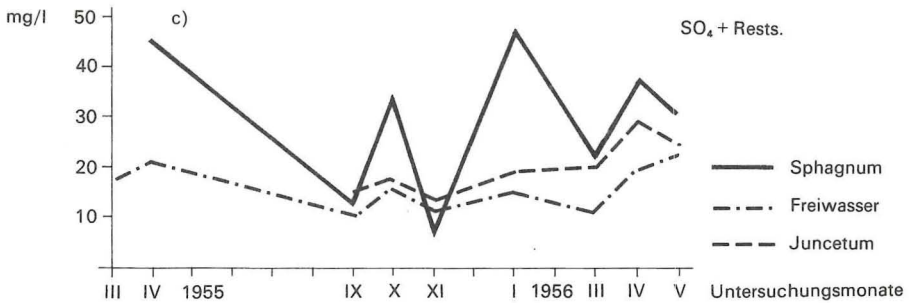
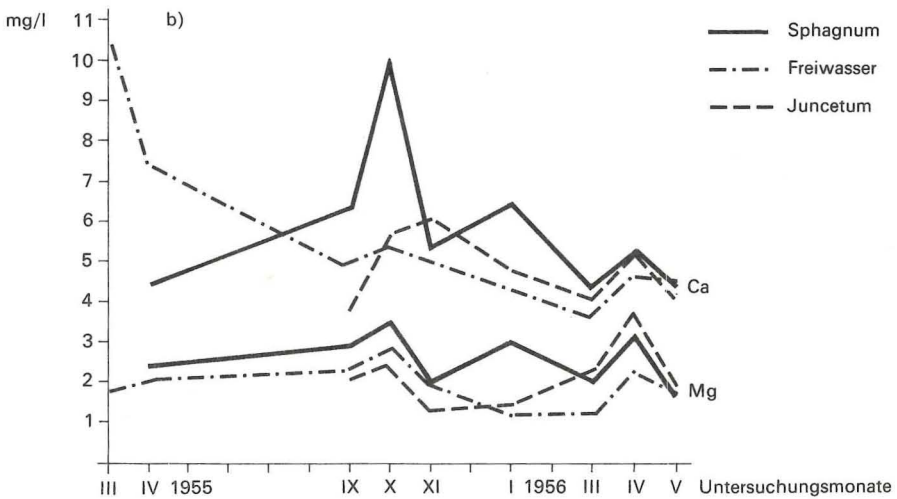
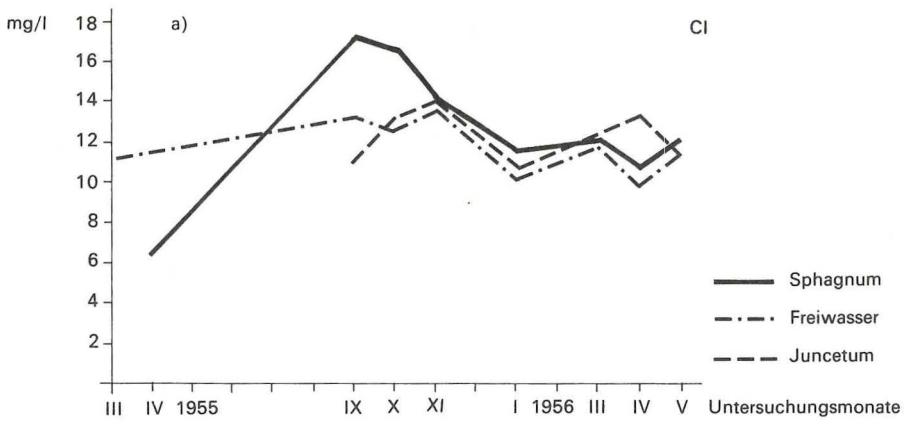


Abb. 14: Der Gehalt an a) Chlorid, b) Calcium, Magnesium und c) an Sulfat und Restsubstanzen im Sphagnum-recurvum-Bestand, Freiwasser und Juncetum des «Schwarzen Wassers» (nach HERBST)

Das «Schwarze Wasser» ist ein schwach gepuffertes Gewässer. Neben den Verbindungen der Kohlensäure entstehen im Sphagnum auch Huminsäuren.

Die Messung des pH-Wertes zeigt deutlich einen Unterschied in der Azidität der Gewässerzonen. Im Sphagnumbestand schwankte der pH-Wert zwischen 4,1 und 4,6, im Juncetum zwischen 4,1 und 5,2 und im Freiwasserbezirk zwischen 4,4 und 5,3. Mit einem durchschnittlichen pH von 4,35 lag er im Sphagnum deutlich unter 5, einem Wert, der für die meisten Lebewesen Grenzwert ihrer Existenz ist. Nur speziell säureunempfindliche Arten können hier überleben.

Auch für die Huminsäuren konnten im Sphagnum-recurvum-Bestand die höchsten Werte ermittelt werden, während sie im Freiwasser und Juncetum kaum vorkamen.

In der Ost-West-Längserstreckung des «Schwarzen Wassers» ist also ein deutliches Gefälle des Säuregrades festzustellen. Sieht man einmal die geringen Werte für die Carbonathärte im Vergleich zu den hohen Werten für die Gesamthärte und betrachtet man damit im Zusammenhang die in den Grafiken 14a–c dargestellten Mengen an Chlorid, Sulfat, Calcium und Magnesium, so wird deutlich, daß die hohe Gesamthärte im wesentlichen auf die Sulfationen zurückzuführen ist. Im Mittel liegen die Sulfatwerte für den Sphagnum-recurvum-Bestand deutlich höher als für das Juncetum und das Freiwasser. Auffällig sind dort aber die großen Schwankungen des Sulfatgehaltes im Jahresgang. Entsprechend ist an manchen Untersuchungstagen ein starker Geruch nach Schwefelwasserstoff wahrnehmbar. Er rührt von den in Massen auftretenden weißen Belägen einer den Blaualgen nahestehenden Bakterienart (*Beggiatoa*) her. Die organischen Zersetzungsprozesse waren im Sphagnum-Bestand offenbar am stärksten.

Der NH₄-Gehalt des Sphagnum-Bestandes lag ca. zehnmal so hoch wie im Freiwasser und im Juncetum. Sauerstoff stand überall reichlich zur Verfügung.

Der allgemeine Gewässertypus und sein spezieller Chemismus spiegelt sich nicht nur in den schon beschriebenen Unterschieden der Pflanzengesellschaften wider, sondern ist auch für die verschiedene Zusammensetzung der *Crustaceen*-Fauna in den einzelnen Gewässerbezirken verantwortlich.

Diese autökologischen Gesichtspunkte wurden besonders bei der *Copepoden*-Fauna (Ruderfußkrebse) deutlich.

Der für das «Schwarze Wasser» generell charakteristische *Cyclopoide* ist der typische Kleingewässerkrebs *Acanthocyclops robustus*. *Cyclops strenuus*, eine Form der kalten Jahreszeit, bevorzugt alkalische und schwach saure Gewässerbereiche. Er meidet daher den Ostteil des «Schwarzen Wassers» mit seinen Sphagnum-recurvum-Beständen. *Diacyclops languides* ist dagegen in diesem Biotop der häufigste Vertreter. Der Freiwasserbezirk ist Lebensraum der Entwicklungsstadien (Nauplien).

Übersicht über die Copepoda-Ruderfußkrebse

<i>Macrocylops fuscus</i>	Litoralform
<i>Cyclops strenuus</i>	Form alkalischer bis schwach saurer Gewässer
<i>Acanthocyclops robustus</i>	typische Form der Kleingewässer
<i>Diacyclops languides</i>	Form saurer Gewässer
<i>Bryocamptus pygmaeus</i>	Form nasser Moose

Außer Wasserkäfern und *Culiciden* wurden 15 *Phyllopoden*arten (Blattfußkrebse) gesammelt.

An der *Phyllopoden*fauna des «Schwarzen Wassers» soll eine ökologische und verbreitungsgeschichtliche Interpretation der Untersuchungsergebnisse erfolgen. Bekanntlich gibt es unter den *Phyllopoden* Flachwasserspezialisten und echte Planktonformen im Freiwasser der Seen. Die in einem Tümpel lebenden Formen sind oft die gleichen Arten, wie sie im flachen Uferbereich (Litoral) größerer Seen vorkommen. Im Tiefenbereich der Seen findet man dann Spezialisten, die im Tümpel nicht anzutreffen sind. Die Gruppe hat sich als ökologisch auf fast alle erreichbaren Biotope eingestellt.

Im «Schwarzen Wasser» kam neben der Seeform *Diaphanosoma brachiurum* die Litoralform *Scapholeberis mucronata* vor. Beide gehören der glacialen Mischfauna an. *Ceriodaphnia* war mit der Freiwasserform *quadrangula* var. *affinis* vertreten, während im Litoral *Ceriodaphnia megops*, die Form perennierender alkalischer Gewässer, festgestellt wurde. Die Vorkommen der nordischen (boreal-alpin) und als Überbleibsel der Saale-Riß-Eiszeit geltenden *Eubosmina longispina* war bemerkenswert. Elemente der glacialen Mischfauna sind auch *Alona cristata* und *guttata* *Alonopsis elongata*.

Als Seltenheit für Deutschland sei *Drepanotrix dentata* erwähnt. Nährstoffarmut und Azidität kennzeichnen die Wohngewässer von *Iliocryptus agilis*. Als Hochmoorbewohner gilt *Acantholeberis curvirostris*. *Alonella excisa* als azidophile Art und *Alonella exigua*, die mehr alkalisch bis schwach saure Gewässer bevorzugt, sind neben dem Ubiquisten (unspezialisierte Verbreitungsform) *Chydorus sphaericus* und dem in bezug auf Humus-säure euryplastischen (anpassungsfähigen) *Polyphemus pediculus* auf der Faunenliste.

Von den abiotischen Faktoren sind es vor allem Alkalität und Azidität, die auslesend gewirkt haben. Aber auch die langzeitlich wirkenden klimatischen Faktoren seit der Eiszeit haben Populationsveränderungen hervorgerufen.

Das «Schwarze Wasser» bei Wesel ist ein Beispiel dafür, daß die großräumig auftretenden ökologischen Abhängigkeiten auch im Kleingewässer zu erkennen und zu erarbeiten sind, sofern dies ein pH-Wert-Gefälle zeigt.

Übersicht über die Phyllopoda (Blattfußkrebse)

<i>Diaphanosoma brachiurum</i>	Seeformen (Freiwasserformen)
<i>Ceriodaphnia quadrangula affinis</i> <i>Scapholeberis mucronata</i> , <i>Ceriodaphnia megops</i>	Litoralformen
<i>Scapholeberis mucronata</i> , <i>Alona cristata</i> <i>Alona guttata</i> , <i>Alonopsis elongata</i> <i>Diaphanosoma brachiurum</i>	glaciale Mischfauna
<i>Eubosmina longirostris</i>	boreal-alpine Formen
<i>Ceriodaphnia megops</i>	alkalische Gewässer
<i>Iliocryptus agilis</i> , <i>Alonella exisa</i>	azide Gewässer

<i>Ceriodaphnia megops</i> , <i>Alonella exigua</i>	alk.-azide Gewässer
<i>Acantholeberis curvirostris</i> , <i>Polyphemus pediculus</i>	Hochmoorformen
<i>Chydorus sphaericus</i>	Ubiquist

Das «Schwarze Wasser» zeigt auf relativ engem Raum in einem geschlossenen Wasserkörper unterschiedliche Biozönosen, die chemisch und in bezug auf Vegetation und Zooplankton zu charakterisieren sind.

3.2 Flachlandtümpel in Ostholstein

Gewässercharakteristik

Lage	Ostholstein, Meßtischblatt 498
Größenangaben	Länge 22 m, Breite 16,5 m, schwankender Wasserstand
Entstehung	In der Nacheiszeit
Boden	Verlehmtter Geschiebemergel in jungglacialer Moränenlandschaft, beginnende Verlandung
Chemismus	pH-Wert; 6,2–7,1, kalkreiches Gewässer, hohe Erwärmung
Physikalische Besonderheit	Hohe Erwärmung und große tägliche Schwankungen in der Thermik
Klima	Atlantisch
Flora	Wiesen- und Ruderalpflanzen ¹ : <i>Juncus</i> , <i>Sparganium</i> , <i>Bidens</i> , <i>Agrostis</i> , <i>Lemna</i> -decke, Assoziation: Myriophylleto-verticillati-Nupharetum (Tausendblatt-Teichrosen-Gesellschaft)
Fauna	Eurytherme Formen: <i>Polycelis</i> , <i>Herpobdella</i> , <i>Chydorus</i> , <i>Copepoden</i> , <i>Cloëon</i> , <i>Agrion puella</i> , <i>Stagnicola palustris</i> , <i>Lymnaea stagnalis</i> , <i>Radix ovata</i> , 21 Käferarten, 21 <i>Chironomiden</i> arten

Entstehung

Die jungglaciale Moränenlandschaft Ostholsteins bietet dem Betrachter heute das Bild einer sanft gewölbten Kulturlandschaft. Der Boden besteht vor allem aus Geschiebemergel, der oberflächlich verlehmt ist, eingestreut ist brauner Waldboden. Mit ihren zahlreichen Seen wurde diese Landschaft während der ersten und zweiten Weichselvereisung geformt. Im Landschaftsbild wenig hervortretend, liegen Kleingewässer in sehr großer Zahl verstreut. Man kann diese Kleingewässer in offener Kulturlandschaft auf Mergelboden (Ton-Kalkmischung) bzw. im Walde auf Mergel- oder Tonboden oder auf Laubhumus als Heidetümpel, moorige Wiesentümpel oder Hochmoortümpel bezeichnen. Die Wiesen- und Feldtümpel wurden zur Mergelgewinnung ausgegraben. Die Waldtümpel liegen in natürlichen Hohlformen, von denen die Landschaft wenig bietet.

¹ Ruderalpflanzen: Pflanzen auf Schuttböden

Sie sind periodisch. Die Tümpel in offener Kulturlandschaft auf lehmigem Boden sind, durch ihre Lage im atlantischen Bereich bedingt, meist perennierend. Am Rande der Seen haben sich Druckwassertümpel gebildet. In den Niederungsmooren liegen häufig Torfstiche, während es in der westlichen Geest Hochmoore gibt. Man findet also hier auch heute noch sehr verschiedenartige Kleingewässer.

Hydrographie

Das als Vertreter der Flachlandtümpel von KREUTZER beschriebene Kleingewässer liegt an der Straße Plön-Lütjenburg, Meßtischblatt 498. Es ist ein sich selbst überlassenes, im Ackerland liegendes Gewässer, in das im Herbst große Mengen organischer Substanzen gelangen.



Abb. 15: Weidetümpel in offener Kulturlandschaft bei Hatten südlich Oldenburg (Foto MIEGEL). Der Tümpel ist limnologisch mit dem von KREUTZER beschriebenen vergleichbar. Er wird auch als Tränke für Weidevieh benutzt, ist aber von geringer Tiefe und stark verlandet. Auf der Oberfläche hat sich teilweise eine Lemnadecke ausgebildet.

Der namenlose Feldtümpel in Ostholstein ist 20 bis 24 m lang, 16,5 m breit und im Frühjahr 1,2 m, im Herbst 0,30 bis 0,40 m tief. Zur Zeit der Untersuchung betrug die Wassertiefe 0,60 m, das Wasser war klar von leicht grünlich-gelber Farbe. Die Sonneneinstrahlung konnte das Gewässer fast ungehindert bis auf den Boden durchdringen. Zu dieser Zeit war noch keine *Lemnadecke* ausgebildet. Die Maxima der Wassertemperaturen waren um 2°C bis 3°C höher als die der Luft. Auch in der 60-cm-Schicht lag die Temperatur noch ca. 2,0°C über der Lufttemperatur. Aus den Temperaturkurven (Abb. 16) konnte man schließen, daß der Temperaturgang der Oberflächenschicht von

der Gesamtwetterlage abhängig ist. Ungehinderte Ein- und Ausstrahlung wirkten direkt auf den Temperaturverlauf der bodennahen Schichten.

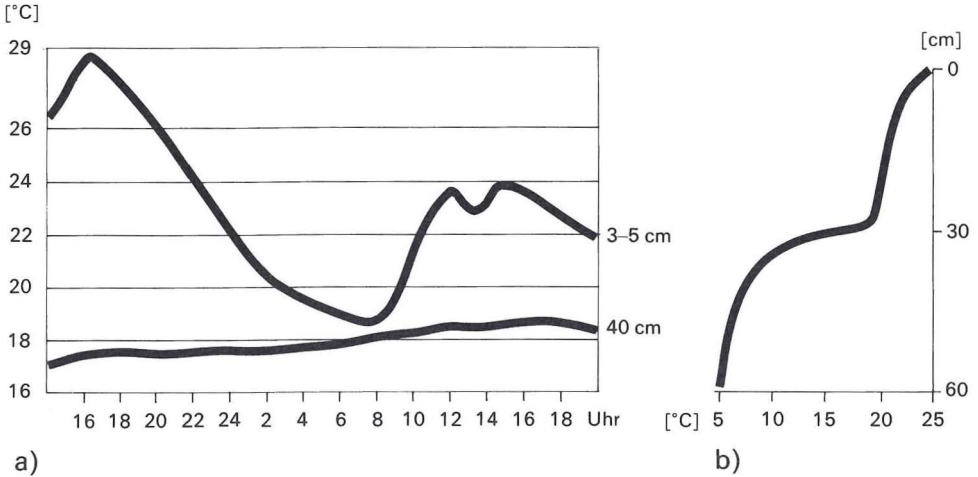


Abb. 16:

- a) Temperaturgang im Oberflächenwasser und in 40 cm Tiefe im Flachlandtümpel (nach KREUZER)
 b) Temperaturen in verschiedenen Tiefen eines Flachlandtümpels

Der Tümpel wird von einem 1 bis 2 m breiten Grasgürtel aus Wiesen- und Ruderalpflanzen (Pflanzen, die auf stickstoffhaltigen Schutt- und Abfallplätzen wachsen) umgeben. Am Boden befindet sich eine Faulschlammschicht, deren Untersuchung ergab, daß dieser Feld- oder Weidetümpel früher in einer erlenbruchwaldartigen Landschaft gelegen hat. Das Gewässer erhält keinen Schatten und wird daher stark erwärmt. Im Sommer bildet sich eine geschlossene Lemnadecke (kleine Schwimmpflanzen aus der Familie der Wasserlinsengewächse).

Der reichlich abgelagerte Schlamm ist rein organischen Ursprungs (organogen). In den bodennahen Schichten herrscht Sauerstoffmangel. Durch die lockeren Sapropel-(Faulschlamm)ablagerungen ist der Boden unbewohnbar.

Obwohl das Gewässer nur durch Regenwasser gespeist wird, ist es der Bodenbeschaffenheit wegen kalkreich, gut gepuffert und somit eutroph.

Für die Beurteilung des Kalkgehaltes eines Gewässers aufgrund des Säurebindungsvermögens (SBV) gelten allgemein folgende Bezeichnungen:

Tab. 7: SBV und Kalkgehalt bestimmen den Gewässertyp

SBV	Kalkgehalt	Gewässertyp
0 – 0,5	gering	kalkarme Gewässer
0,1–1,3	mäßig	kalkhaltige Gewässer
> 1,3	hoch	kalkreiche Gewässer

Der Feldtümpel ist mit seinem SBV größer als 1,3 mmol/l und einem Gehalt an Hydrogencarbonat von mehr als 57 mg/l kalkreich und gut gepuffert.

Tab. 8a: Werte für pH- und SBV aus Oberflächenproben des Feldtümpels (nach KREUZER)

Datum	pH	SBV mmol/l
9. 6.37	6,7	2,70
16. 11. 37	6,8	2,65
19. 1. 38	6,6	1,65

Tab. 8b: Extremwerte für pH und SBV vom 20. 4. bis 15. 11. 1937

	pH	SBV mmol/l
Min.	6,2	2,28
Max.	7,2	3,15

Der niedrige SBV-Gehalt von 1,65 mmol/l am 19. 1. 1938 erklärt sich dadurch, daß an diesem Tage die Eisschmelze einsetzte. Im Frühjahr, zur Zeit der Schneeschmelze, wenn die Wassermasse am größten ist, finden sich die höchsten SBV-Werte. Die Fäulnisvorgänge und die CO₂-Produktion sind dann am geringsten, weil sich Algen entwickeln und durch die Assimilation CO₂ verbraucht wird. Gegen den Sommer sinkt auch der pH-Wert etwas ab. Bei geringem SBV kommt es dann zu schwach saurer Reaktion. Sie läuft mit der Temperaturschichtung in etwa parallel. Die vertikalen Schichtungen können sich stabil ausbilden, wenn durch den Windschutz der Lemnadecke keine Durchmischung des Wassers stattfindet.

Tab. 9: Chemische Schichtung am 19. 1. 1938 (nach KREUZER)

Tiefe (cm)	Temp. (°C)	pH	SBV mmol/l
0–5	1,5	6,6	1,65
50	4,2	6,3	3,30

Neben den vertikalen Unterschieden bei den chemischen Werten konnten auch trotz der Kleinräumigkeit horizontale Gliederungen festgestellt werden. Sie sind durch die unterschiedlichen Bewuchsverhältnisse bedingt. Je nach Gewässerbereich lagen die pH-Werte bei 7,1 oder 6,2 und die SBV-Werte bei 2,9 mmol/l oder 3,2 mmol/l (Abbildung 16).

Auch die organogenen Sedimente bestimmen das Verhältnis von pH-Wert zu SBV-Wert. Die täglichen Schwankungen in diesem Verhältnis sind erheblich, die der Jahresamplituden dagegen relativ gering. Der Permanganatverbrauch als Gradmesser für oxidierbare Substanzen ist, soweit sie organischer Natur sind, für den Stoffhaushalt des Gewässers charakteristisch (siehe Kapitel 2.4.7). Am 9.9.1937 konnte eine inverse Schichtung festgestellt werden. In 0–5 cm Tiefe wurde der Wert 106,5 mg/l KMnO₄, am Boden in 50 cm Tiefe dagegen 100,2 mg/l KMnO₄ gemessen. Für Feldgewässer ist diese Erscheinung charakteristisch, da die Lemnadecke auf ihnen lange Zeit erhalten bleibt.

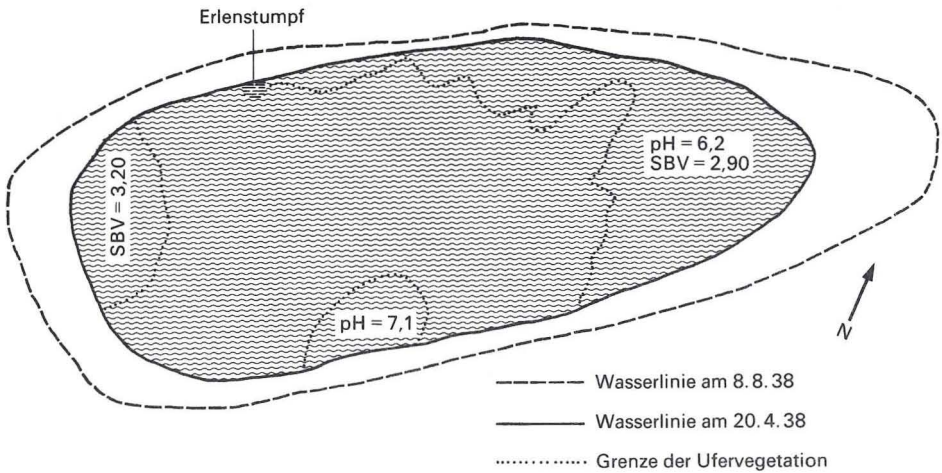


Abb. 17: Horizontale Unterschiede im pH-Wert und SBV (nach KREUZER)

Tab. 10: Permanganatverbrauch. Oberflächen- und Tiefenwerte

Datum	Tiefe cm	KMnO ₄ mg/l
19.7.37	0-5	85,3
	50	99,7
23.7.37	0-6	84,6
	50	94,6
9.9.37	0-5	106,5
	50	100,2

Flora

Das beschriebene Kleingewässer liegt seit mindestens 6 Jahren inmitten eines Ackers und dient zwischenzeitlich zur Tränkung des Viehs. Die Vegetation zeigt beginnende Verlandung an.

Den Randbewuchs bildet eine artenreiche Gesellschaft von Unkräutern, die sich erst in jüngerer Zeit angesiedelt hat. Die Arten aus dem **Alnetum** (*Alnus* = Erle) wie der bittersüße Nachtschatten *Solanum dulcamara* und die große Brennessel *Urtica dioica* weisen auf die aus dem Bodenschlamm abgelesene Erlenbruchwaldperiode hin. Der Außenrand des Tümpels ist fester gewachsener Lehmboden, der zum Gewässer hin vom Vieh zusammengetreten ist und hier Faulschlammbelag zeigt.

Am Wasserrand hat die Binse *Juncus compressus* Blüten gebildet. An der Ost- und Westecke zeigten Bestände vom Igelkolben *Sparganium racemosum*, dem Zweizahn *Bidens tripartitus* und dem Straußgras *Agrostis alba prorepens* die Verlandung an.

In der Zone des freien Wassers wuchsen die Binse *Scirpus lacustris*, der Mannaschwaden *Glyceria fluitans* und die Wasserfeder *Hottonia palustris*, letztere auch als Fragment aus

der Erlenbruchwaldgesellschaft. Ein Vertreter aus dem **Myriophylleto-verticillati-Nupharetum** (*Myriophyllum verticillatum* = wechselblütiges Tausendblatt, Nuphar = gelbe Teichrose) ist in der Mitte des Gewässers das schwimmende Laichkraut *Potamogeton natans*. Von Juni bis Anfang September bildeten drei *Lemma*arten eine feste Decke.

Fauna

Die Fauna dieser kalkreichen Kleingewässer besteht vorwiegend aus wärmeertragenden (eurythermen) Formen.

Von den Egeln kam der Strudelwurm *Polycelis nigra* und der Schlundegel *Herpobdella testacea* vor. Die allgemein verbreitete Form *Chydorus sphaericus* (Linsenkrebs) ein Ubiquist, trat massenhaft auf. Während die Ruderfußkrebse (*Copepoden*) in großer Menge vorhanden waren, wurden nur wenig Muschelkrebse (*Ostracoden*) gefunden. Die Gruppe der Wassermilben war artenreich aber individuenarm. Im Herbst charakterisierte die Eintagsfliege *Cloëon dipterum* das Gewässer. Die Steinfliegen (*Plecopteren*) traten zurück. Von den Libellen (*Odonaten*) war *Agrion puella* häufig. Auch sie kann als Charakterform der Kleingewässer angesehen werden. Sonst kamen wenig Odonatenarten vor. Unter den Köcherfliegen (*Trichopteren*) fanden sich *Limnophilus politus* und *flavicornus*. Von den Zuckmücken (*Chironomiden*) wurden 21 Arten festgestellt. Wie immer in besonnten Gewässern war auch die Malariamücke *Anopheles maculipenes* vertreten. Von den hygrophilen Käfern wurden 71 nicht biotopspezifische Arten gesammelt. Bei den Mollusken waren die Gastropodenbestände gut entwickelt, Muscheln aber ziemlich selten. An Arten seien genannt: Aus der Familie der Schlamm-schnecken *Stagnicola palustris* (häufigste Art), *Lymnaea stagnalis* und *Radix ovata*. Ferner die kleinen Tellerschnecken *Armiger cristata* und *Gyraulus albus* und die Teich-napfschnecke *Acroloxis lacustris*.

3.3 Periodische und perennierende Waldgewässer

Kleingewässer finden wir häufig in offener Kulturlandschaft, in alten Kiesgruben, in feuchten Waldgebieten und besonders häufig in flußbegleitenden Auwäldern. Auf engem Raum können sie nebeneinander vorkommen.

- a) Stets wasserführende Kleingewässer sind u. a. Dorfteiche, Feuerlöschteiche, Wald- und Heideweier, meist Wiesen-, Feld- und Weidetümpel, Hoch- und Flachmoortümpel, Restgewässer, Altwasserreste und Gräben. Ihre Wasserführung ist von wasserundurchlässigen Bodenschichten abhängig.
- b) Die periodischen Kleingewässer entstehen grundwasserabhängig oft durch Spiegelschwankungen eines benachbarten Flusses. In Hochwasserzeiten kann man regelmäßig mit ihrem Auftreten rechnen.
Schmelzwasserabhängig sind sie vor allem im Hochgebirge, ihr Vorkommen dort ist daher auf das zeitige Frühjahr beschränkt.
Regenwasserabhängige Kleingewässer können zu jeder Jahreszeit nach langen und starken Regenfällen oder auch nach starken Gewitterregen auftreten.

Die **periodischen Kleingewässer** (s. auch Kapitel 2) sind physiologisch von besonderem Interesse. Ihre Lebensdauer ist oft nur kurz. Sie ist abhängig von den klimatischen Verhältnissen und der geographischen Lage. Waldgewässer führen meist über längere Zeit Wasser, da durch den Strahlungsschutz der Baumschicht die Verdunstung herabgesetzt wird. So kann die Lebensdauer 2 bis 3 Wochen oder auch mehrere Monate betragen. Periodische Gewässer können aber auch jährlich oder in Abständen bis zu 5 Jahren auftreten. Den Standort eines solchen Gewässers in Trockenzeiten zu bestimmen, ist nicht immer ganz einfach.

In Zeiten ohne Wasserführung eignen sich die Böden dieser Tümpel gut, um die Lebewelt zu studieren. Erdaufgüsse, für die man immer nur Regenwasser benutzen soll, kann man jederzeit herstellen. Man muß sich bemühen, im Labor ähnliche Bedingungen zu schaffen, wie sie am Fundort bestanden.

Landpflanzen, die diesen Standort während ihrer Vegetationsperiode besiedeln, überstehen die kurze Zeitspanne der Wasserführung ohne besonderen Schaden oder bilden entsprechende Anpassungen aus.

Für die Tiere periodischer Gewässer ist Kurzlebigkeit die wichtigste Voraussetzung für das Überleben der Art. Der Wasserfloh *Daphnia magna* benötigt z. B. zur Entwicklung vom Ei zum geschlechtsreifen Weibchen ca. 7 Tage. Infolge parthenogenetischer Fortpflanzung (Jungfernzeugung) kann es in kurzer Zeit durch rasche Generationenfolge zu Massenentwicklungen weiblicher Populationen kommen. Männchen treten erst zum Ende der Entwicklungsperiode auf. Die letzte Weibchengeneration wird befruchtet und legt Dauereier (Ephippien), die schwimmfähig und mit einer dicken Schale ausgestattet sind. In diesem Zustand überlebt die Art Trockenheit und Kälte.

Ähnliches gilt für *Moina* und andere *Daphnienarten* (Blattfußkrebse, *Cladoceren*). Die *Copepoden* (Ruderfußkrebse), z. B. *Cyclops strenuus* und *Diaptomus castor*, die wir regelmäßig aus diesem Tümpel erhalten können, benötigen zur Entwicklung ca. 2 Wochen. Dauereier wie die *Cladoceren* bilden auch Rädertiere (*Rotatorien*) und Fadenwürmer (*Nematoden*).

Vermehrungszellen, die ebenfalls sehr temperaturunempfindlich sind, kommen bei Schwämmen und Moostieren vor, diese sind aber weitgehend auf das Litoral größerer Gewässer beschränkt.

Flagellaten und Infusorien sind imstande, durch Wasserabscheidung aus dem Plasma widerstandsfähige Hüllen zu bilden.

Egel, *Nematoden* und Strudelwürmer (*Turbellarien*) scheiden eine schützende Schleimhülle ab.

Kleingewässer im Hülserbruch

Als Beispiel für Gewässerschwund- und -tod von Waldgewässern sollen ein **periodischer Chirocephalustümpel** und ein **perennierender Quellwassergraben** am Hülserberg bei Krefeld beschrieben werden.

Der Hülserberg ist eine Stauendmoräne auf der oberen Mittelterrasse. Tertiäre Ablagerungen unter NN bis zu 10 m über NN finden sich im westlichen Teil des Hülserberges. Heller, quarzreicher Kies und Sand bilden seine Hauptbestandteile. Für Zwecke der Töpferei ausgegrabene Tongruben liegen verstreut auf dem Berg und halten zeitweilig Regenwasser fest, das am westlichen Fuß des Quellhorizontes austritt.

	Periodisches Kleingewässer (Chirocephalustümpel)	Perennierendes Kleingewässer (Quellwassergraben)
Lage	Hülser Bruch; 29,80 m ü. NN	Hülser Bruch; 30,00 m ü. NN
Größenangaben	Durchmesser ca. 15 m; Tiefe 0,25 m	Länge ca. 100 m; Breite 80 cm, stellenweise mehr; Tiefe 0,25 m
Entstehung	Restgewässer	künstlich, Quellwasser gespeist
Boden	Humus	Humus
Chemismus	pH-Wert 5,9; dH° 7,2; SBV 0,46 mmol/l	pH-Wert 5,5; dH° 6,8; SBV 0,42 mmol/l
Klima	atlantisch	atlantisch
Flora	Erlenbruchgesellschaft (Alnetum)	Erlenbruchgesellschaft (Alnetum), <i>Juncus</i> -arten
Fauna	<i>Chirocephalus grubei</i>	<i>Odonatenlarven</i> , <i>Crustaceen</i> , <i>Asellus</i> , <i>Turbellarien</i> , <i>Mollusken</i>

Entstehung und Geschichte

Das Hülserbruch ist heute keine Bruchlandschaft mehr mit «tiefen Sümpfen, mit Heide- und Erlenbruchwäldern und Mischwald», wie BECKER es 1874 beschrieben hat. Durch Urbarmachung und Gewässerschwund sind die Fließgewässer, Sümpfe, Tümpel, Was-



Abb. 18: Chirocephaluswaldtümpel im Hülserbruch bei Krefeld (Foto MIEGEL)

sergräben und Quellen verschwunden. Die Gräben, die 1920 zur Entwässerung des Gebietes durch das Gelände gezogen wurden, liegen heute trocken. Nachdem der niederrheinische Auwald zu Bruchwald geworden war, steht jetzt hier ein Buchen-, Birken- und Eichenwald, in dem die Hainbuche typisch ist. Die einst zahlreichen Wassermühlen existieren heute nur noch in den Flurnamen. 1903 beschreibt HÖPPNER eine Stelle am Westfuß des Hülserberges als das einzige, kleine *Sphagnum*vorkommen bei Krefeld mit Sumpffarn, Seerosen, Froschbiß, Wasserschlauch, kleinem Igelkolben und knöterichblättrigem Laichkraut. Die letzten Funde von *Sphagnum* und Wasserschlauch stammen aus dem Jahre 1950. 1954 hat SCHMIDT-RIES die Restgewässer des Hülserbruches untersucht und dabei auch den hier beschriebenen *Chirocephalustümpel* und den Quellgraben besprochen.

Bei diesen Kleingewässern handelt es sich um die letzten Reste offener Wasserflächen des ehemals wasserreichen Hülserbruches. In dem periodischen Tümpel pulsiert schwach in immer größeren Jahresabständen das Grundwasser. In den Zwischenzeiten wird die Stelle des Tümpels von Reitern zu Sprungübungen benutzt.

Der Graben trotz der Zeit noch den Bemühungen um Trockenlegung. Sein Wasser dient im benachbarten Gehege den Wildschweinen zur Suhle.

Hydrographie

Das Quellwasser des Hülserberges speist den ca. 100 m langen, perennierenden Graben, der in NS-Richtung vom Wildschweingehege auf den vom Grundwasser gespeisten Chirocephalustümpel zuläuft. Der Abstand zwischen beiden Gewässern beträgt ca. 3 m, der Graben liegt bei 30 m über NN, der Tümpel 0,20 m niedriger. Der Wasserstand im Graben unterlag während der Untersuchungszeit kaum Schwankungen. Er war mit faulenden Laubmassen angefüllt, so daß bei 0,25 m Tiefe die Wasserschicht nur 5–10 cm hoch war. Der Graben ist ca. 0,80 m breit, erweitert sich aber zu einigen sumpfigen Stellen, die mehrere Meter Durchmesser erreichen. Der Tümpel lag in dem untersuchten Zeitraum meistens trocken. Im März 1971 enthielt er wenig Wasser und war mit Eis bedeckt. Im Juni blieb nach langen Regenfällen etwas Wasser einige Tage im Tümpel stehen. 1972, 1973 und 1974 lag er trocken. Erst im Februar 1975 hatte sich an den tiefsten Stellen bis zu 0,25 m Wasser gesammelt. *Chirocephalus grubei*, der zuletzt 1971 im Gebiet gefunden worden war, trat jetzt in großer Menge auf. Bei den beschriebenen Wasserverhältnissen im Grundwassertümpel war während der ganzen Beobachtungszeit kein anderes makroskopisches Lebewesen als dieser Großblattfüßerkrebs zu erwarten.

Zur Charakterisierung der Lichtverhältnisse sollen einige Meßwerte aus dem Jahre 1971 angeführt werden. An der Stelle des wasserleeren Grundwassertümpels wurde am 21. 5. 1971 0,8 Lux gemessen, zur gleichen Zeit betrug das Licht am Quellwassergraben 0,57 Lux. Ca. einen Monat später am 25. 6. 1971 fanden sich folgende Lichtwerte (Tab. 11).

Temperaturangaben beziehen sich auf das Jahr 1971. Wassertemperaturen konnten nur im Quellwassergraben gemessen werden. Die Lufttemperaturen lagen im Untersuchungsgebiet im März um 2 °C. Das Wasser im Graben war zur gleichen Zeit 1 °C kälter. Bis zum Mai stieg die Temperaturkurve der Luft rasch auf 20 °C an, die des Wassers auf ca. 16 °C. Anfang Juni wurden mit 28 °C in der Luft die höchsten Werte gemessen, im

Tab. 11: Quellwassergraben

	Lichtwerte in Lux		
	Süd	Mitte	Nord
im Wasser	0,07	0,04	0,13
außerhalb des Wassers	0,39	0,38	0,24
Grundwassertümpelstelle	0,25		

Die Messungen erfolgten immer zwischen 14 und 15 Uhr.

Wasser lagen sie jetzt um 8 °C niedriger, also bei 20 °C. Im Oktober war das Verhältnis Luft- : Wassertemperatur 10 °C : 8 °C und im November hatte sich das Wasser auf 5 °C abgekühlt, während die Lufttemperatur 2 °C betrug. Die beiden Kurven entfernten sich also am stärksten im Juni voneinander, um sich im November zu schneiden und dann winterlich parallel zu laufen.

Chemismus

Die pH-Werte schwankten im Quellwassergraben zwischen 5,25 und 6,10. Im Mittel lagen sie bei 5,50. SCHMIDT-RIES gibt für September 1955 für den Grundwassertümpel 5,90 und für den Quellwassergraben 5,85 an. Weitere chemische Werte sind in Tabelle 12 zusammengestellt.

Tab. 12: Wasseranalyse vom 12. 9. 1955 (SCHMIDT-RIES)

	Periodischer Chirocephalustümpel	Perennierender Graben
pH-Wert	5,90	5,85
Gerbstoffe (mg/l)	60	240
SBV mmol/l	0,46	0,42
Leitfähigkeit (Ohm ⁻¹ m ⁻¹)	291	220
Gesamthärte dH°	7,2	6,8
Calcium mg/l	32	23
Magnesium mg/l	12	16
Chlorid mg/l	20	23
Nitrat mg/l	0	1
Sulfat mg/l	9,3	15,4
Eisen mg/l	0,80	1,65

Flora

Quellwassergraben	Chirocephalustümpel
Erlenbruchgesellschaft (<i>Alnetum</i>)	Erlenbruchgesellschaft (<i>Alnetum</i>)
Keine Wasserpflanzen	Juncusarten

Fauna

Nach einer Untersuchung vom 19.2.1975 wurde im Grundwassertümpel nur der Blattfußkrebs *Chirocephalus grubei* in großen Mengen gefunden. Im Quellwassergraben

fand sich während der Untersuchungszeit eine reichhaltigere Fauna. An Mollusken wurden dort zahlreiche Lungenschnecken nachgewiesen: Die Schlamm-schnecken *Galba palustris* und *truncatula*, die Tellerschnecken *Planorbis planorbis* und *Planorbis cornuus* (Posthornschncke) sowie die Erbsenmuschel *Pisidium sp.*, die Kugelmuschel *Sphaerium corneum* und die Teichnapfschnecke *Acroloxus lacustris*.

Aus der Gruppe der *Crustaceen* waren von den Blattfußkreb-sen der Langdornwasserfloh *Daphnia longispina* und von den Ruderfußkreb-sen *Macrocylops fuscus*, *Cyclops strenuus*, *Diacyclops bicuspidatus* sowie Nauplien anzutreffen. Weiterhin fand man Muschel-krebse (*Ostracoden*) und aus der Gruppe der *Isopoden* die Wasserassel *Asellus aquaticus*.

3.4 Hochgebirgstümpel Almtümpel auf dem Schwaigboden auf der Raxalpe

Gewässercharakteristik

Lage	Schwaigboden auf der Raxalpe, 1600 m ü. NN (Niederösterreich)
Größenangaben	Durchmesser: 10 m, Tiefe: 0,19 m
Boden	Lehmig, schlammig
Chemismus	pH-Wert 4–9, sauerstoffreich
Physikalische Besonderheit	Starke Temperaturschwankungen
Flora	Arm, kein Baumbestand am Ufer, Lattich, <i>Rumex</i> , kein Phytoplankton
Fauna	Große Artenfülle

Hochgebirgstümpel sind in der Regel periodische Gewässer. Ihre Wasserführung ist vom Regen- und Schmelzwasser abhängig. Ihr Sauerstoffgehalt ist meist hoch. Sie zeichnen sich vor allem durch eine große Tag-Nacht-Amplitude im Temperaturgang aus.

Obwohl Hochgebirgstümpel geographisch auf einem relativ einheitlichen Gebiet anzutreffen sind, erweisen sie sich limnologisch als sehr unterschiedliche Kleingewässer. Darüber darf das sehr gleichförmige äußere Erscheinungsbild und das fast völlige Fehlen pflanzlicher Organismen nicht hinwegtäuschen. Meist über oder nahe der Baumgrenze in Felsenkaren oder Almmatten gelegen, finden sich im Wasser nur Fadenalgen (*Chlorophyceen*) und Torfmoose (*Sphagnum*).

Bei Betrachtung der Fauna aber stößt man sehr häufig auf eine doch beträchtliche Fülle von Arten, die mit den schwierigen Bedingungen des Lebensraums gut fertig werden. Obgleich diese Lebewelt wesentlich artenärmer als in einem Flachlandtümpel ist, zeigt sich doch auch hier in den einzelnen Tümpeln eine sehr unterschiedliche Artenzusammensetzung, was deutlich auf die verschiedenen abiotischen Bedingungen innerhalb dieser Kleingewässergruppe hinweist.

Limnologisch ist in diesem Zusammenhang besonders von Interesse, daß in den einzelnen Tümpeln pH-Werte zwischen 4 und 9 gemessen wurden und daß starke Schwankungen im Nährstoffgehalt vorliegen. Nahrungsarme Tümpel liegen oft neben nahrungsreichen. Die Eutrophie ist hauptsächlich eine Folge der Düngung durch das Weidevieh.

Diese Kleingewässertypen wurden vor allem in Österreich von PESTA untersucht. Aus seinen zahlreichen Untersuchungsergebnissen soll der «Almtümpel am Schwaigboden

auf der Raxalpe» in Niederösterreich herausgegriffen werden. Untersucht wurde der Tümpel im Jahre 1930 und 1931.

Hydrographie

Dieser Hochgebirgstümpel ist ein sommertrockenes Schneeschmelzgewässer. Es liegt mit 1600 m über NN in der Nähe der Baumgrenze und hat einen Durchmesser von ca. 10 m, eine durchschnittliche Tiefe von 0,19 m und ein Wasservolumen von ca. 150 hl. Die Ufervegetation bestand aus Lattich und Sauerampfer. Die angrenzenden Wiesen werden beweidet. Der Tümpel kann als nährstoffreich bezeichnet werden. Sein Boden ist lehmig, schlammig.

Tabelle 13: Bodenanalyse

Grus	2 mm	0 %
Grobsand	2 –0,2 mm	10,2 %
Feinsand	0,2–0,02 mm	52,3 %
Schluff	0,02–0,002 mm	31,9 %
Rohton	< 0,002 mm	5,6 %

Der Tagesrhythmus der Wassertemperaturen vom 17. 6. 30 zeigte mit 7°C um 6 Uhr, mit 20°C um 16 Uhr und mit 6°C am nächsten Morgen um 4 Uhr eine Schwankung von 14°C. Die Lufttemperatur lag unter der des Wassers. Beide Temperaturkurven verliefen gleichsinnig.

Chemismus

Das Wasser hatte einen ziemlich hohen Sauerstoffgehalt. Die O₂-Sättigung des seichten Gewässers was mit 91 bis 94% 1930 und mit 64,4 bis 65,5% 1931 allerdings schwankend. Das Wasser reagierte mit einem pH-Wert von 7 neutral. Die Gesamtanalyse ergibt sich aus folgender Zusammenstellung.

Tab. 14: Chemische Verhältnisse (Angaben als mg/l)

Schwebstoffe	12,8 mg/l
anorganische Stoffe	8,8 mg/l
organische Stoffe	4,0 mg/l
Abdampfrückstände	91,9 mg/l
Glührückstände	56,3 mg/l
Glühverlust	35,6 mg/l
Ca ²⁺	17,1 mg/l
MgO	3,6 mg/l
dH° (Gesamthärte)	2,21 mmol/l
Bicarbonat	50,6 mg/l
CO ₂	25,3 mg/l
SO ₄	1,5 mg/l
Cl ⁻	1,85 mg/l
Fe ₂ O ₃ und Al ₂ O ₃	4,9 mg/l
SiO ₂	6,0 mg/l
organische Substanz (nach BSB _s)	29,7 mg/l

Fauna und Flora

Die mikroskopische Untersuchung der Wasserproben zeigte neben Schimmelpilzfäden Pflanzenbestandteile, die nicht aus dem Tümpel stammten. Es waren Reste tierischer Exkreme des aufgetriebenen Weideviehs. Als Planktonformen wurden lediglich der Flagellat *Chlamydomonas* und einzelne Fäden von Blaualgen – vor allem *Oscillatoria* – erwähnt. Grünalgen kamen nur im Palmellastadium (geißellos in Gallerte) vor, *Diatomeen* fehlten. Weiter fanden sich Teile eines *Cosmariums* (Zieralge). Die Wasserfauna des periodischen Tümpels, die im einzelnen nicht untersucht wurde, bezeichnet PESTA als reich.

3.5 Moortümpel

Moore sind in Deutschland selten geworden. Die Untersuchung von Moorgewässern ist daher von schulischem Standort aus nur in günstigen Fällen möglich.

Ihre Begehung ist nicht ganz ungefährlich und erfordert Vorsichtsmaßnahmen und besondere örtliche Kenntnisse. Mehr noch als bei Untersuchungen am See kann man hier nur mit kleinen Gruppen arbeiten. Das gilt vor allem für Exkursionen in Hochmoorgebiete, die nur unter ortskundiger Führung zu günstigen Jahreszeiten stattfinden sollten.

Das Hochmoor

Der Hochmoorweiher bietet sich dem Betrachter in bernsteingelber, durch Torfuntergrund oft auch in dunkelbrauner Farbe dar. Wegen seiner Lage inmitten einer Hochmoorvegetation ist er unverwechselbar. Da Hochmoore oft aus Flachmooren entstehen, muß man mit allen Zwischenformen rechnen.

Die wassergefüllten Stellen, die uns limnologisch interessieren, nennt man **Lagg**. Ihr Uferrand bildet einen Schwingpolstergürtel, der steil zum Wasser abfällt. Durch apikales (Spitzen-)Wachstum der Hochmoorsphagnen entsteht die bekannte uhrglasförmige Aufwölbung von Hochmooren. Das Absterben der Moose und die teilweise Zersetzung der basalen Teile unter O₂-Abschluß führt zur Torfbildung.

Kalkmangel, Elektrolytarmut und ein pH-Wert von 3,5 bis 4,5 als Folge hohen Säuregehaltes charakterisieren alle Moorgewässer. Das torfbildende *Sphagnum*moos verursacht durch Basenabsorbtion und Bindung von Elektrolyten dieses Absinken des pH-Wertes.

In Hochmoorweihern wachsen keine höheren Pflanzen. Die Gewässer sind artenarm an Zooplankton, aber oft individuenreich. Die großen Temperatargegensätze versagen stenothermen Tieren die Besiedlung.

Die Armut an Elektrolyten wirkt als Auslesefaktor für die Hochmoorbewohner. *Desmidiaceen* (Jochalgen), *Tecamöben* (Schalenamöben) und *Mesotaeniaceen* (niedere Würmer), die rote Wassermilbe und einige Zuckermückenlarven weisen auf die Artenarmut dieses Lebensraumes hin.

Das Flachmoor

Flachmoore entstehen häufig als Folge der Verlandung von eutrophen Seen. Auch hier kommt es durch pflanzliche Überproduktion zu Kohlendioxidüberschuß mit Absinken des pH-Wertes auf 5 bis 6.

Die Blattfußkrebse (*Cladoceren*) *Acantholeberis curvirostris* (Lappenkrebse), *Scapholeberis mucronata*, *Holopedium gibberum*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris* und *Sida crystallina* kommen regelmäßig vor, ebenso die Büschelmücke *Coretra plumicornis* und der Ruderfußkrebse *Cyclops virides*. Der Rückenschwimmer *Notonecta*, die Schwimmwanze *Naucoris*, von den Schwimmkäfern der Furchenschwimmer *Acilius sulcator* und auch die Wasserspinne als einziger Vertreter der Spinnen im Süßwasser, haben hier ihren Lebensraum. Rädertiere und auch Libellenlarven findet man oft. Von den Mollusken kommen nur Erbsenmuscheln (*Pisidien*) vor.

Torfstiche verdanken ihre Entstehung menschlichen Eingriffen zur Torfgewinnung und weisen ähnliche Verhältnisse auf wie die Flachmoortümpel.

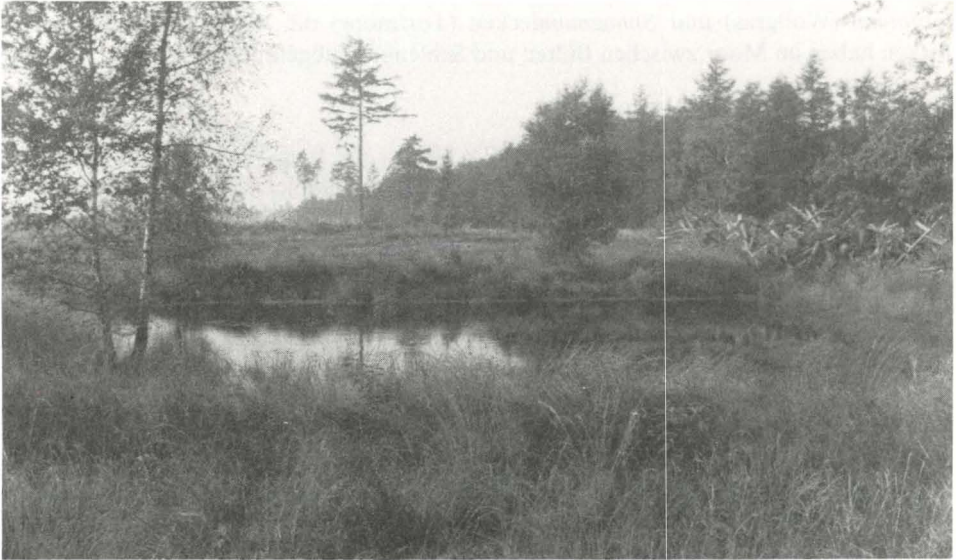


Abb. 19: Moortümpel in den Osenbergen südlich Oldenburg (Foto MIEGEL)

Als typisches Beispiel eines Hochmoortümpels soll das Dürre Maar in der Eifel vorgestellt werden.

Dürres Maar am Holzmaar

Gewässercharakteristik

Lage	Südeifel bei Gillenfeld, 456 m ü. NN
Größenangaben	Länge 140 m, Breite 110 m, Lagg: 20 × 15 m
Entstehung	Im Atlantikum eutropher See; periodisches Gewässer (Wasserführung tellurisch abhängig)
Boden	mineralischer Untergrund, Vulkaneifel
Chemismus	Huminsäure, Kalkmangel, pH-Wert 5,8, SBV 0,68–0,88 mmol/l, Sauerstoff- und Nährstoffarmut
Flora	<i>Vaccinium oxycoccus</i> , <i>Carex</i> , <i>Eriophorum latifolium</i> , <i>Sphagnum</i> , Kiefer, Birke
Fauna	Sphagnophile Formen (<i>Diatomeen</i> , einige <i>Crustaceen</i> , Libellen, Zuckmückenlarven, <i>Pisidien</i>)

Entstehung

In der Südeifel, die auch vulkanische Eifel genannt wird, liegen zahlreiche Maare. Während die meisten kleinen Maare der vulkanischen Eifel vollständig verlandet und kultiviert sind, handelt es sich beim Dürren Maar am Holzmaar um ein geschlossenes und fast intaktes Hochmoor, das vom mineralischen Untergrund völlig abgeschlossen und vom Regenwasser abhängig ist. Das Dürre Maar am Holzmaar bei Gillenfeld, 456 m über NN, wurde 1951–55 von SCHMIDT-RIES untersucht. Pflanzensoziologisch ist es als **Sphagnum medii et rubelli** einzuordnen. Bis Mitte des Atlantikums¹ war es ein eutropher See mit starker Muddbildung, Röhrichbeständen und hohem Wasserstand. Ende dieser Zeit bis Anfang des Subboreals² entwickelte sich mesotropher *Sphagnumtorf*. Heute bestimmen *Vaccinium oxycoccus* (Moosbeere), *Carex*-Arten (Seggen), *Eriophorum latifolium* (Wollgras) und *Sphagnumdecken* (Torfmoos) die Vegetation. Kiefern und Birken haben im Moor zwischen Bülden und Schlenken Fußgefaßt.

Hydrographie

Das Moor hat eine Ausdehnung von 110 × 140 m, die freie Wasserfläche des Lagg-Gürtels eine von 15 × 20 m. Der Wasserstand schwankt je nach den meteorischen Verhältnissen.

Die *Sphagnumdecke* wirkt als schlechter Wärmeleiter. Bei einer Oberflächentemperatur von 18,5 °C im Sommer lagen die Tiefenwerte bei 10 °C. Umgekehrt sorgte die *Sphagnumdecke* in der kalten Jahreszeit für längere Erhaltung höherer Temperaturen.

Chemismus

Infolge Versäuerung durch *Sphagnumbildung* lagen die pH-Werte im Lagg um 5,8. In Abhängigkeit von der Art des Bewuchses zeigt das SBV Schwankungen zwischen 0,88 und 0,68. Eisen wurde mit 0,5–0,8 mg/l festgestellt, Chloride lagen zwischen 6 und 7 mg/l. Wegen des völligen Kalkmangels herrschte im Moor und auch im Lagg große Nährstoffarmut. Die lebensfeindlichen Huminsäuren gaben dem Wasser eine gelbbraune Färbung.

Biozönose

Über die Biozönose liegen nur spärliche Angaben vor. Lediglich sphagnophile Formen können hier existieren. Von Kieselalgen wurden *Pinnularia*- und *Navicula*-Arten festgestellt, ferner Erbsenmuscheln und einige Blattfußkrebse. Regelmäßige Hochmoorbewohner sind:

- Aeschna cyanea* (Großlibelle)
- Libellula quadrimaculata* (Großlibelle)
- Cordulia aenea* (Großlibelle)
- Sympetrum flaveolatum* (Großlibelle)
- Chironomiden* (Zuckmücken)
- Acantholeberis curvirostris* (Blattfußkrebs)
- Chydorus sphaericus* (Blattfußkrebs)
- Bosmina longirostris* (Blattfußkrebs)

¹ 3000 v. Chr.

² ab 800 v. Chr.

3.6 Dendrotelme – Kleinstgewässer in einer Hainbuche

Die Untersuchung von Kleinstgewässern ist besonders als Aufgabe für einen einzelnen Schüler geeignet. Hier wird als Muster eine Dendrotelme in einer Hainbuche im Waldwinkelgebiet bei Krefeld Hülserberg abgehandelt. Die geologischen und meteorologischen Verhältnisse entsprechen denen, die im Beispiel 3.3 dargelegt wurden. Die hier beschriebene Baumhöhle soll als Kleinstgewässer die Gewässerreihe nach unten abschließen.

Gewässercharakteristik

Lage	Waldgebiet am Hülserberg bei Krefeld, offen nach SW
Größenangaben	700 ml Wasserinhalt, Wasserfüllung unregelmäßig
Boden	schlammig
Chemismus	pH-Wert 4,2–7,1, SVB 6,6–8,3 mmol/l, dH° 5–15, Sauerstoffarmut
Physikalische Besonderheit	wenig schwankende Wassertemperatur
Flora	arm (Grünalgen)
Fauna	<i>Ciliaten, Amöben, Aëdislarven (Dendrolimnetica)</i>

Hydrographie

Die Dendrotelme wurde 1955/56 von KNOTT mehr als ein Jahr lang vor allem in ihrer Bedeutung für die Entwicklung der *Culiciden* untersucht. In 30 cm Höhe über dem Boden war die Höhle nach Südwesten offen. Im Höchstfall führte sie 700 ml freies Wasser, darunter befand sich allerdings Schlamm Boden, der sich aus den zersetzten Laubeinwehungen gebildet hatte. Es handelte sich um einen ruhigen, kaum bewegten Biotop.

Bedingt durch klimatische Einflüsse war die Wasserfüllung unregelmäßig. Verdunstung und Niederschläge wirkten sich darin aus. Auch die Benutzung als Tränke (Rehe) oder Vogelbad beeinflussten Wasserstand und -menge.

Die Tagestemperaturen erreichten stets am späten Nachmittag den höchsten Wert. Mit durchschnittlich 2,5°C war die tägliche Schwankung sehr niedrig. Der Einfluß der Lufttemperatur machte sich im Höhlenwasser nur wenig bemerkbar. Während z. B. am 24. 8. 56 nachmittags um 17 Uhr in der Luft 24°C gemessen wurden, hatte das Wasser in der Höhle nur 10°C.

Chemismus

Die pH-Werte bewegten sich in der Untersuchungszeit zwischen 4,2 und 7,1. Einfluß auf den pH-Wert hatten vor allem die Laubmengen im Höhlenwasser. Nach dem herbstlichen Laubfall sanken die Werte stark in den sauren Bereich ab. Das zufließende neutrale Regenwasser wurde von dem mineralischen Restwasser schnell assimiliert.

Das SBV unterliegt starken jahreszeitlichen Schwankungen. Der Einfluß der Vereisung und der Auftauvorgang führten zu einem Absinken des SBV bis zum Nullpunkt. Bis Ende Mai stieg das SBV auf 6,6, kurze Zeit später sogar auf 8,3 mmol/l.

Von Mai bis Juli wurde eine ständige Anreicherung des Höhlenwassers mit Carbonatverbindungen beobachtet. Die Gesamthärte schwankte zwischen 5–15°dH. Für Schwan-



Abb. 20: Dendrotelme in Rotbuche
im Park in Gräfrath bei Solingen
(Foto MIEGEL)

kungen in diesem Bereich waren der herbstliche Laubfall und die Laubzersetzung verantwortlich.

Ammoniak, bedingt durch den Verwesungsprozeß großer Mengen von Frostspanner-raupen, war als Besonderheit zu bemerken.

Infolge der Zersetzungsvorgänge befand sich der Sauerstoff im Defizit.

Biozönose

Die Hauptmenge der Organismen bildeten Bakterienkolonien. Die Kahmhaut war eine willkommene Futterquelle für *Aëdislarven*. Mit dem Temperaturanstieg traten *Chlamydomonas*, *Euglena*, *Phacus*, *Vorticellen* und andere Einzeller auf. *Halteria*-Arten als Vertreter der *Ciliaten* und *Amoeben* fanden sich regelmäßig. An *Culiciden* (Stechmücken) kamen nur *Aëdislarven* der Art *ornatus* MEIGEN neben *Eristalinen* (Schwebfliegen) – und *Tendipediden* (Zuckmücken)-larven vor.

Eine ausführliche Liste der Baumhöhlengewässerfauna aus den geographisch entfernten und ökologisch unterschiedlichen Gebieten Schleswig-Holstein und Niederösterreich steht bei ROHNERT. Die Kieselalgen *Navicula*, *Pinnulara*, *Hantzschia* und *Stauronëis*, verschiedene *Diffflugia*-Arten (Schalenamöben), *Actinosphaerium* (Sonnentierchen), 11 *Ciliaten*-Arten, 3 *Rotatorien*-Arten, *Nematoden*, *Oligochaeten* und vor allem *Dipteren* [*Chironomiden*, (Zuckmücken), *Ceratopogoniden* (Gnitzen), *Culiciden* (Stechmücken), *Psychodiden* (Schmetterlingsmücken) und *Tipuliden* (Stelzmücken)] wurden bis zur Art bestimmt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Fauna **Dendrolimnetica** innerhalb der Baumarten nicht unterschiedlich und auch im größeren geographischen Bereich ziemlich gleichförmig ist. Austrocknen und Einfrieren müssen diese Höhlenbewohner überstehen, es handelt sich daher um physiologisch besonders interessante Formen.

Schüleraufgaben

1. Ordne die Tümpelbeispiele nach den Faktoren pH-Wert, SBV, Kalkgehalt, Sauerstoffgehalt, Temperaturgang und überlege für die Darstellung eine geeignete Tabellenform.
Welche Zusammenhänge lassen sich hieran verdeutlichen?
2. Stelle die Schwankungen der in den Beispielen angegebenen chemischen Werte wie pH, SBV, dH° usw. tabellenmäßig zusammen und erkläre die Ursachen.
3. Ordne die Organismenfunde in den exemplarischen Beispielen systematisch. Benutze dazu Kapitel 9.
4. Stelle für die einzelnen Gewässer typische Formen listenmäßig zusammen und vergleiche danach die Gewässer.
5. Stelle nach Kapitel 1, Abb. 1, als Muster Stoffkreisläufe einiger der monografisch abgehandelten Kleingewässer grafisch dar und erläutere sie.
6. Teile die gefundenen Organismen mit Angabe der Arten nach Produzenten, Konsumenten I und Konsumenten II ein. Zeichne für jedes Gewässer eine Grafik.
7. Ordne die Gewässer nach Höhenlage über NN. Bestehen Beziehungen zwischen Höhenlage und Artenlisten?
8. Ordne die Gewässerbeispiele nach hydrografischen Angaben wie Größe, Tiefe, Wassermenge, Bodenart.
9. Bringe die Gewässer mit den sie umgebenden Pflanzengesellschaften in Zusammenhang. Trage die Ergebnisse grafisch auf.
10. Welche deutlich erkennbaren Biozönosen treten in verschiedenen Gewässerbeispielen auf?

4 Der See

Seentypen

1. Nach geographischen Gesichtspunkten:
 - a) Gletscherseen: Dammseen in Norddeutschland, Ausräumungsseen am nördlichen Alpenrand
 - b) Tektonische Seen: Maare und Kraterseen
2. Nach thermischen, chemischen und biologischen Gesichtspunkten:
 - a) eutrophe Seen, Faulschlammseen, nährstoffreiche Seen, Plumösusseen¹
 - b) oligotrophe, kalkreiche Seen, nährstoffarme Seen, Tanytarsusseen²
 - c) dystrophe Seen, kalkarme Seen, Dyseen
3. Nach dem Grad der Verschmutzung:
 - a) polysaprobe, stark verschmutzte Seen, Güteklasse IV
 - b) α -mesosaprobe, mäßig verschmutzte Seen, Güteklasse III
 - c) β -mesosaprobe, schwach verschmutzte Seen, Güteklasse II
 - d) oligosaprobe, nicht verschmutzte Seen, Güteklasse I
4. Nach fischereilichen Gesichtspunkten:

Bleiseen	Zanderseen	Hecht-Schleienseen	Maränenseen	Forellenseen
Hecht	Hecht	Hecht	Hecht	Seeforelle
Zander	Zander	Barsch	Barsch	Felchen
Plötze	Plötze	Plötze	Plötze	Saibling
Güster	Uklei	Schleie	Schleie	Elritze
Karpfen	Stint	Karpfen	Felchen	Koppe
Blei	Aal	Aal	Renke	Schmerle
Aal			Aal	

4.1 Exkursionen

Viele der am Tümpel gewonnenen Erkenntnisse lassen sich auf den See übertragen. Die Methoden, mit denen in der Seenkunde gearbeitet wird, unterscheiden sich aber von denen der Kleingewässeruntersuchung. Um Interesse für die großen Binnengewässer zu wecken und um einige limnologische Grundbegriffe zu demonstrieren, werden als Einstieg zwei Exkursionen vorangestellt.

¹ nach Leitart *Chironomus plumosus* (Zuckmücke)

² nach Leitart *Tanytarsus* (Zuckmücke)

Am «**Laacher See**» ist die Zonierung des Litorals am Südufer besonders deutlich ausgeprägt. Die Erscheinung der Eutrophierung und Verlandung lassen sich hier aus Bodenverhältnissen und Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften in qualitativer und quantitativer Hinsicht analysieren.

Ornithologische Beobachtungen sind zu jeder Jahreszeit möglich, in den Wintermonaten ist der See Raststätte vieler Vogelarten.

Die Felchenfischerei mit Stellnetzen und die Laichgewinnung und Brutaufzucht von Salmoniden im Fischereibetrieb geben Anlaß, sich mit fischereilichen Problemen zu beschäftigen.

Die Exkursion zu den **Eifelmaaren** gilt in erster Linie der Seetypenlehre. Eu-, oligo- und dystrophe Gewässer liegen auf engem Raum beieinander. Die über die Verlandung hinausgehende Moorbildung ist an zahlreichen Trockenmaaren zu studieren.

Fließgewässer vom Typ des **Mittelgebirgsbaches**, auch Quellen und überrieselte Felsen stehen im Exkursionsgebiet für Demonstrationen in großer Zahl zur Verfügung.

Der «Laacher See» ist durch seine Lage inmitten der Bundesrepublik von überall leicht zu erreichen. Mit dem Auto benutzt man die Ausfahrt Maria Laach der Autobahn Krefeld–Ludwigshafen. Bahnstationen sind Niedermendig (weiter mit Omnibus bis Maria Laach) und Andernach (weiter mit der Brohltalbahn). An Unterkunftsmöglichkeiten für Gruppen stehen das Naturfreundehaus und die Jugendherberge zur Verfügung. Die Exkursion kann als 1-Tagesfahrt durchgeführt werden, anzuraten aber ist, eine zusätzliche Maarexkursion und evtl. eine Fließwasserbegehung anzuschließen.

4.1.1 Exkursion «Laacher See»

Die Exkursion «Laacher See» beginnt am besten am SW-Ufer. Auf dem Weg dahin kommt man zu einem hochliegenden Aussichtspunkt. Von hier aus ist das Gewässer gut zu überblicken. Deutlich tritt die Zweiteilung hervor. Zwei sich überschneidende Kreise bilden die Uferlinie. Der dem Beschauer zugewandte Teil des Gewässers zeigt einen breiten Pflanzengürtel, der als **Scirpeto-Phragmitetum** und **Myriophyllo-Nupharetum** beschrieben werden kann. Diese Teichbinsen-Schilfrohr- und Tausenblatt-Teichrosen-Gesellschaften deuten Eutrophierung und beginnende Verlandung an. Mehrere hundert Jahre hindurch gelangten hier Klosterabwässer in den See, so daß an diesem Teil große Schlammablagerungen festzustellen sind.

Der «Laacher See» ist der einzige größere, natürliche See im Westen Deutschlands. Er ist nicht glazialen Ursprungs. Entsprechend seiner Lage in der vulkanischen Südeifel kann als seine Entstehungszeit das 9. Jahrtausend v. Chr. angenommen werden. Der Tätigkeit zahlreicher erloschener Vulkane, die ihn umgeben, verdankt er – vermutlich als Einsturzbecken – seine Entstehung. Die größte Längenausdehnung weicht nur wenig von der NS-Richtung ab.

Flächengröße	3,3 km ²
Länge maximal	2,4 km
Breite maximal	1,9 km
Tiefe maximal	53 m
Umfang	7,3 km
Einzugsgebiet	1098 ha

Unterhalb des Hotelparkplatzes befindet sich ein Bootsverleih, so daß die Möglichkeit besteht, von hier aus den SW-Teil des Gewässers (**eutropher Teil**) vom Boot aus genauer in

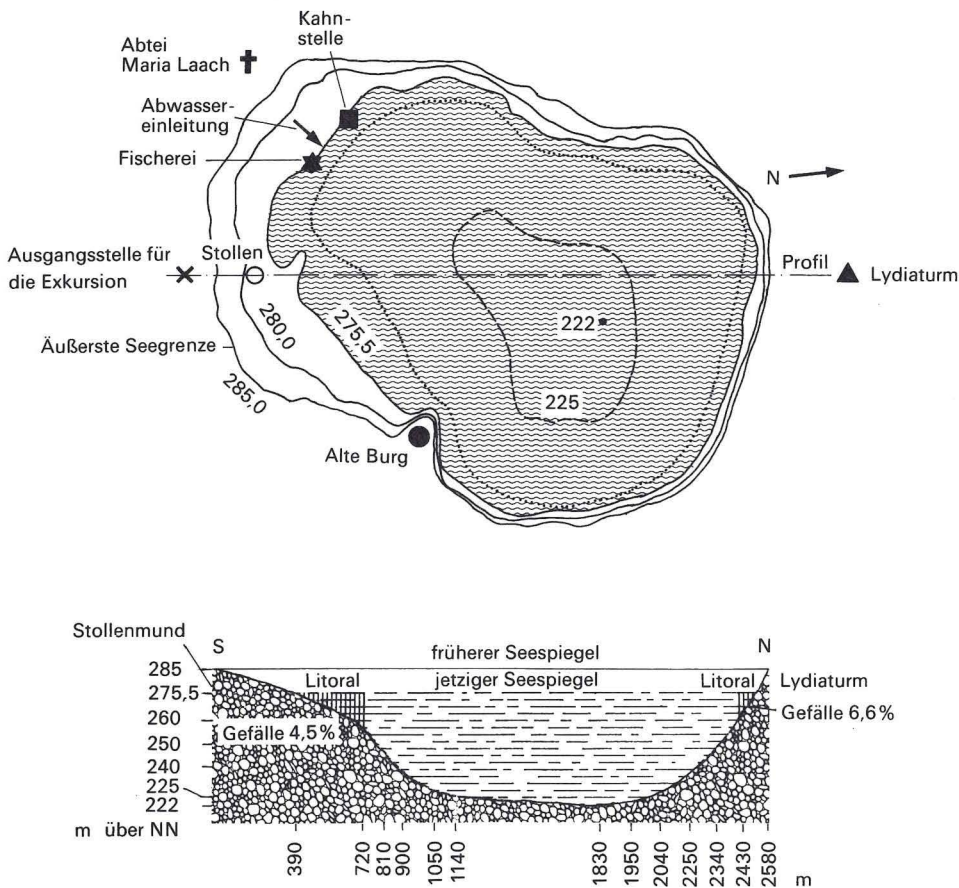


Abb. 21: Karte und Profil des Laacher Sees (nach MIEGEL)

Äußerste Seegrenze vor der Absenkung im Jahre 1842. Die Höhenlinie für 275,5 m über NN ist die derzeitige Seegrenze. Die punktierte Linie zeigt die Begrenzung des Litoral gegenüber dem Freiwasser. Die gestrichelte Linie ist die Tiefenlinie 225 m mit der tiefsten Seestelle bei 222 m ü.NN. Die Abwassereinleitungsstelle (→, Bellerbachzufluß) liegt zwischen Fischerei (★) und Kahnstelle (■). ○ ist der Abfluß des Sees am Stollen. × ist der Ausgangspunkt für die Exkursion.

Augenschein zu nehmen. Man achte auf die Schlammablagerungen in der Nähe des Fischerhauses und die Zusammensetzung des breiten Gürtels der höheren Wasserpflanzen. Die Kohlensäureaustrittsstellen (sog. Mofetten) sind an windstillen Tagen besonders gut an dem der Kahnstelle gegenüberliegenden Ufer zu beobachten.

Geht man vom Aussichtspunkt am SW-Ufer zum Gewässerspiegel, findet man dort in einiger Entfernung vom Ufersaum landeinwärts an vielen Stellen fossile Molluskenschalen. Sie erinnern an die Absenkung des Sees durch die Mönche in den Jahren 1152 und 1842 um insgesamt 9 m. Damals entstand auch der Stollen, der nun den See über die Nette zum Rhein entwässert. Einen Zufluß hat der «Laacher See» im Beller Bach, die Hauptmenge seines Wassers jedoch entstammt Grundwasser und Regenfällen.

Chemismus

Anlässlich der Beobachtung der Mofetten im Gebiet der alten Burg könnte näher auf den Chemismus dieses Gewässers eingegangen werden. Der pH-Wert liegt um 7,5, die deutsche Härte bei ca. 13 dH°. Für die freie Kohlensäure wurden Ergebnisse zwischen 8 und 18 mg/l ermittelt. Das Laacher Seewasser ist dennoch stark gepuffert. Der hohe Hydrogencarbonatanteil ist besonders charakteristisch. Das Wasser hat eine schwache feinkolloidale Trübung und eine mittlere Sichttiefe von 8 m. Im September liegt die Sprungschicht (s. Abb.22) bei 11 bis 12 m.

Tab. 15: Werte der chemischen Wasseranalyse (nach KURZMANN aus MIEGEL)

	1963 Oktober	1964 Juni
pH	7,8	7,05
dH° (Gesamthärte)	13,7	13,9
freie CO ₂	8,8 mg/l	17,6 mg/l
HCO ₃ ⁻	138,6 mg/l	147 mg/l
Cl ⁻	15,3 mg/l	17,7 mg/l
P ₂ O ₅	–	0,1 mg/l
SO ₄ ²⁻	42,6 mg/l	–
NO ₃ ⁻	1,0 mg/l	1,0 mg/l
Fe ^{2+ / 3+}	0,05 mg/l	0,05 mg/l
KMnO ₄ -Verbrauch	14,4 mg/l	9,6 mg/l
O ₂	–	9,65 mg/l
SiO ₂	0,62 mg/l	–

Da der See im Winter nicht regelmäßig zufriert, wird er zum Herbst Sammelstätte zahlreicher Wasservögel. Die Taucher sind mit Hauben-, Ohren- und Zwergtauchern vertreten. Zur Stockente gesellen sich Reiher-, Tafel- und Schellente. Gänse- und Zwergsäger sind häufig, Teich- und Bläbühner das ganze Jahr hindurch zu beobachten.

Von der Alten Burg aus führt der Weg weiter bis zum im Norden gelegenen Lydiaturm. Das Ufer wird jetzt immer steiler, der Pflanzengürtel spärlicher. Wir befinden uns am wenig nährstoffreichen, **oligotrophen Teil** des Sees.

Der «Laacher See» ist ein Felchengewässer, diese Salmonidenart laicht hier im Herbst bei 7°C Wassertemperatur. Sie gelangten durch künstlichen Besatz aus Schweizer Seen in das Gewässer. Die starke Variabilität und die mehrfachen Besatzmaßnahmen führten dazu, daß sich eine eigene, charakteristische Population durch die hier vorliegenden unterschiedlichen Umwelteinflüsse in dem kurzen Zeitraum von hundert Jahren entwickelte. In der Umgebung des Sees finden sich lockere Trachyttuffe, in anstehenden Felsen basaltische Tuffe und Schlacken, die als Laacher Tuffstein bezeichnet werden. Der weiße Bimsstein hat sich bis weit in das Neuwieder Becken ergossen. Im NO-Teil des Sees tritt er in großen Mengen auf.

4.1.2 Maarexkursion

Die in der vulkanischen Eifel gelegenen Maare sind Sprengtrichter, z. T. wassergefüllt, z. T. aber auch bereits zu Trockenmaaren verlandet. Bei ihrer Entstehung hat Wasser eine

heute noch nicht ganz geklärte Rolle gespielt. Soweit die Maare in Tälern liegen, traf das aufsteigende Magma auf den Grundwasserhorizont, womit die dort auftretenden glasigen Lavastücke erklärt wären. In höher gelegenen Maaren findet sich diese Gesteinsbildung nicht.

Um von diesem Lageunterschied auszugehen, fährt man am besten von Daun in Richtung Manderscheid und wählt als Demonstrationsstelle die Straße zwischen «Totem Maar» (484 m über NN) und «Schalkenmehrener Maar» (420 m über NN). Der Höhenunterschied von mehr als 60 m fällt deutlich ins Auge.

Das «Tote Maar» ist durch die schmale, pflanzenfreie Uferbank als **oligotroph** zu erkennen. Im Wasser sieht man lichte *Scirpus*bestände (Teichbinsen). Die Hänge sind mit Besenginster und Wacholder bestanden. Auch «Pulvermaar» und «Gemündener Maar» sind oligotroph.

Die **Eutrophie** des «Schalkenmehrener Maares» zeigt sich im breiten *Phragmites*-(Schilf)-gürtel. Der seitlich erkennbare parasitäre Krater ist bereits vollständig verlandet. Andere eutrophe Maare sind «Holzmaar» und «Ulmener Maar».

Am «Mosenberger Maar» kann der **dystrophe** Gewässertyp demonstriert werden. Erwähnenswert ist hier das Vorkommen des medizinischen Blutegels.

Aus einem eutrophen See ist das «Dürre Maar beim Holzmaar» entstanden, das heute ein fast intaktes **Hochmoor** ist.

Einige orientierende morphologische und chemische Wasserwerte von den Maaren sind in der Tab. 16 aufgeführt.

Bei der Fülle der verschiedenen Seetypen auf engem Raum ist es verständlich, daß die Seetypenlehre – vor allem durch THIENEMANN – hier viele Erkenntnisse gewonnen hat. Nach ihm ist die vulkanische Südeifel für die Seetypenlehre «klassischer Boden».

Tab. 16: Chemische Werte einiger Eifelmaare

Typus	Maare	HüNN (m)	Gesamt- N(mg/l)	SBV (mmol/l)	dH°	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)
eutroph	Schalken- mehrener M.	420	4,1	3,36	7,89	3,0	23,2	19,9
	Holz-M.	475	2,23	1,52	4,25	10,0	11,6	6,0
	Ulmener M.	419,7	2,05	1,17	3,86	9,0	13,6	8,4
oligo- troph	Pulver-M.	411,2	0,94	0,66	1,96	0,0	6,8	4,3
	Gemündener-M.	407	0,62	0,37	1,12	0,0	4,4	2,1
	Totes M.	484	0,55	0,21	1,20	0,0	5,2	2,0
dystroph	Mosenberger-M.		0,28	0,06	0,61	0,0	3,2	0,7

Anmerkung:

Zur Untersuchung eines Fließgewässers im Rahmen der Eifelexkursion eignet sich die Lieser an der Brücke zwischen Daun und Rengen. Sie ist hier 2 m breit, knöcheltief, große Steine mit reichlichem Bewuchs sind vorhanden.

4.2 Zonierung

Das Ufer eines Sees besteht aus einem Streifen, der sich rings um das Gewässer zieht und nicht vom Wasser bedeckt ist. Nach den Leitformen bezeichnen wir diese mit Bäumen, Sträuchern und Unterwuchs bestandene Region als Erlen/Gräserzone. Ihr folgt die Spritzwasserzone, die nur durch anrollende Wellen feuchtgehalten wird.

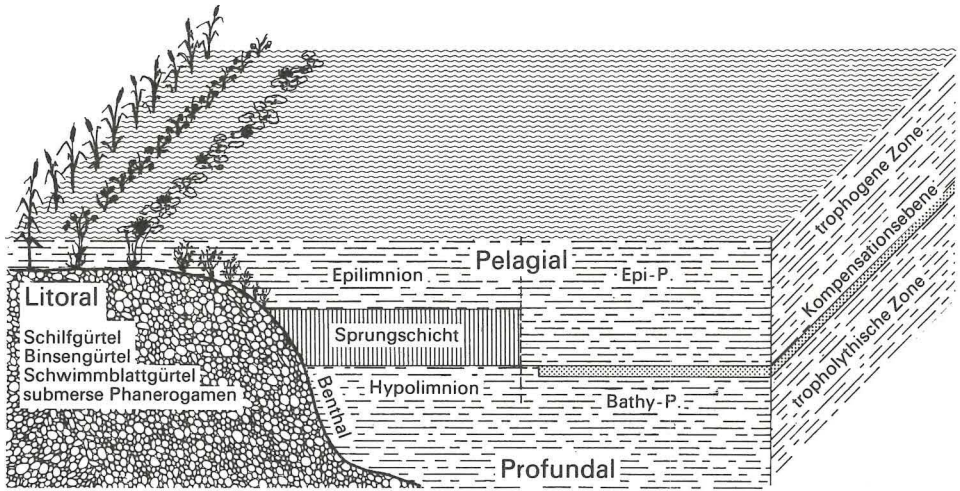


Abb. 22: Zonen eines Sees

Abb. 22 ist ein Ausschnitt aus einem See. Man unterscheidet **Benthäl** (Bodengrund) und **Pelagial** (Freiwasserraum). Der durchlichtete Teil des Benthäls mit Bewuchs durch höhere Pflanzen und Algen ist die Zonationsbiozönose **Litoral**. Dort ist durch die ausreichende Lichtversorgung das Leben photoautotropher Organismen möglich. Es gilt als trophogene Zone (Bereich der Produzenten). Je nach Zonierung unterscheiden wir im Bereich des Litorals einen Schilf-, Binsen- und Schwimmblattgürtel und die Zone der submersen Phanerogamen¹. Bedingt durch den Pflanzenreichtum ist das Litoral Aufenthaltsort zahlreicher Wirbeltierarten.

Die Unterteilung des Pelagials in einen trophogenen und einen tropholytischen Bezirk kennzeichnet man auch als **Epi-** und **Bathypelagial**. Nach Thermik und O₂-Verhältnissen unterscheidet man auch das **Epilimnion** vom **Hypolimnion**. Zwischen beiden liegt die Sprungschicht (s. Abbildung 26 und 27).

Der übliche Name für die lichtlose Tiefe eines Sees ist **Profundal**.

4.2.1 Kausalanalytische Betrachtung der Zonierung

Das Vorkommen der Pflanzen im Bereich der Uferzone hängt neben der Konkurrenz der Arten untereinander von ihrer Anpassungsfähigkeit an ökologisch sehr unterschiedliche

¹ Phanerogamen = Blütenpflanzen

Räume ab. Im Gegensatz zu terrestrischen Zonierungen, die zu Verzahnungen neigen, tritt uns in Seen eine scharfe Zonierung des Litorals entgegen, die mit dem ausgeprägten Wechsel der abiotischen Faktoren auf engstem Raum zusammenhängt. Die Erklärung dieses Artenwechsels setzt Kenntnisse eines botanisch-anatomischen Kurses mit Ein-schluß der besonderen Anpassungen der Sumpf- und Wasserpflanzen voraus.

Als Objekte eignen sich Sumpfdotterblume, Wurzel der Flatterbinse, Blatt vom Rohrkolben, Blattstiel von See- oder Teichrosen oder Stengel vom schwimmenden Laichkraut, Wasserpest und Tausendblatt. Da die Analyse der besonderen Ausbildungen der Kutikula, der Spaltöffnungen, der Parenchyme (Luftkammern) und der Leitungs- sowie Festigungsgewebe sehr viel Zeit erfordern, wird man sich im Rahmen limnologischer Untersuchungen auf Demonstrationen und einige wenige Übungen (s. Versuch Nr. 2e) beschränken müssen.

Der das Litoral limitierende Faktor ist in erster Linie das Licht. Submerse gedeihen noch bei einem Lichtwert von 1% des Himmellichtes. Durch diesen Wert wird auch die Sichttiefe begrenzt. Bei den Unterwasserpflanzen ist der hydrostatische Druck der begrenzende Faktor. Sie dringen bis zu 8 m Wassertiefe vor und ertragen damit einen Wasserdruck von 0,8104 bar. In der Schwimmblattpflanzenzone können sich nur Pflanzen halten, die der Tiefe dieses Bezirkes entsprechend (bis zu 6 m) sehr lange Stengel entwickelt haben.

Die eigentlichen Landpflanzen unterscheiden sich von ihnen dadurch, daß sie auf O₂-Gehalt im Boden angewiesen sind. Da der Boden der Uferzone sich im sauerstoffarmen Grundwasserbereich befindet, wachsen hier nur Erle und Weide. Es sind also sehr unterschiedliche abiotische Faktoren, die die Zonierung bewirken.

Schülerversuche im Labor

1. Versuche mit der Wasserpest

Materialbeschaffung aus dem Untersuchungsgewässer, notfalls aus Aquariengeschäften.

a) Assimilationsversuch

Wir fangen die aufsteigenden Gasblasen aus den Interzellularspalten der Wasserpflanzen mittels Trichter unter Wasser auf. Der Sauerstoff kann mit glimmendem Kienspan nachgewiesen werden.

Wir zählen die aufsteigenden Blasen in Zeiteinheit und variieren die äußeren Bedingungen.

Versuchsabänderungen: Sonnenlicht – Schatten – Schweinwerfer (Projektor), Lichtmessung, Verwendung von Filtern und Versuch in CO₂-haltigem Wasser (Sprudel).

b) Benetzbarkeit

Pflanzen werden ins Wasser getaucht. Wir beobachten den Wasserfilm auf den Blättern (Schutz gegen Verdunstung) und stellen die Zeit des Verwelkens fest.

c) Erkläre die Verbreitung durch abgebrochene Pflanzenteile (kanadische Wasserpest).

2. Versuche mit Schwimmblattpflanzen

Beschaffung von See- und Teichrosenblättern aus Staudengärtnereien. Schwimmende Laichkrautarten manchmal schwer zu beschaffen.

a) Benetzbarkeit

Die Oberseite der Blätter stößt Wasser ab. Die Spaltöffnungen liegen auf der Oberseite der Blätter.

Erkläre den Vorteil für die Assimilation.

b) Wasseraufnahme durch dünnwandige Zellen (Hydropoten)

Die Hydropoten liegen auf der Blattunterseite. Wir legen zum Nachweis dieser Zellen ein Blatt in Neutralrotlösung.

Erkläre die Beobachtung.

c) Luftkanalsystem

Wir pusten durch ein Stengelstück von Wasserrosen.

Suche nach einer physiologischen Deutung dieser Anpassung.

d) Wasserleitung

Wir stellen ein Blatt einer Schwimmpflanze mit Stengel in ein Wasserglas (Gegenversuch mit Landpflanzen).

Erkläre das Verhältnis von Verdunstung zu Wasserleitung.

e) Stelle Schnitte her:

– vom Blatt einer Seerose,

– vom Stengel der Wasserpest.

Zeichne!

Trage in die Zeichnung folgende Begriffe ein: Epidermis, Spaltöffnungen, Palisaden- und Schwammparenchym

Idioblasten, Hydropoten

Rindenparenchym, Zentralzylinder

4.3 Das Litoral

Das Litoral, in dem sich Wellenschlag und Wasserstandsschwankungen (s. Abb. 23) voll auswirken, ist entweder als pflanzenreiche Verlandungszone oder als Brandungsufer ausgebildet.

In der **Verlandungszone** kann man, absteigend zum Tiefenwasser, Schilfgürtel, Schwimmblattzone und Tauchblattzone von einander abgrenzen.

An den **Sand- und Geröllstränden** sieht man in den tieferen, weniger dem Wellenschlag ausgesetzten Bereichen einzelne Exemplare von *Scirpus* (Teichbinse), Schwimm- und Tauchblattzone sind meist gut ausgebildet.

4.3.1 Die Verlandungszone

a) Im **Schilfgürtel** (Phragmiteszone) finden sich Übergangsformen zwischen Land- und Wasserpflanzen, die an Wasserstandsschwankungen und auch gelegentliche Überflutungen angepaßt sind.

b) Die **Schwimmblattzone** ist nur an windstillen Ufern des Sees ausgebildet. Je nach Gewässerart finden wir hier die gelbe Teichrose oder die weiße Seerose meistens

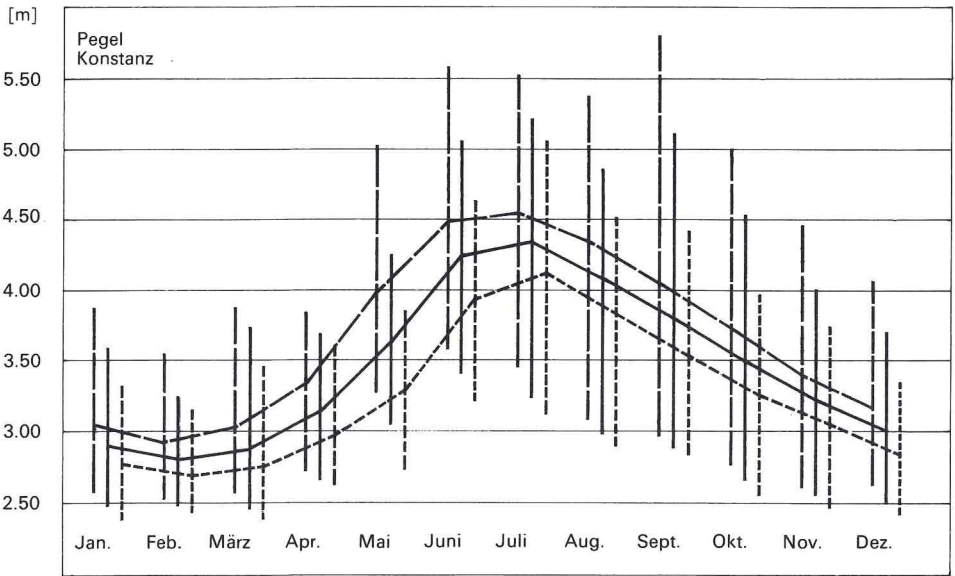


Abb. 23: Monatliche Wasserstandsschwankungen im Bodensee. Aufgetragen sind die Mittelwerte und Streuungsmaße der Höchst-, Mittel- und Niedrigwasserstände für die Jahre 1871 bis 1950

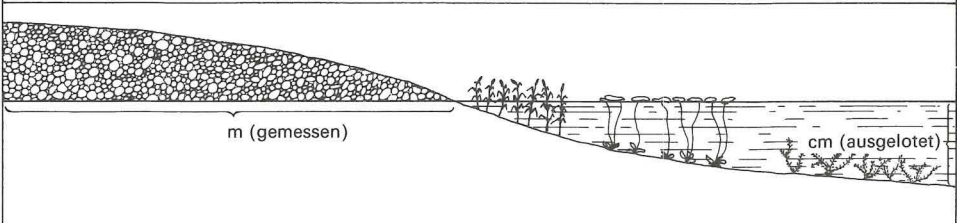
zwischen Blättern von *Potamogeton natans* (Schwimmendes Laichkraut) und dem Wasserknöterich mit seinen rötlichen Scheinähren. Unverwechselbar durch seine Blattformungen vom Schwimm- zum Unterwasserblatt und durch seine weißen Blüten ist der Wasserhahnenfuß. Aufschlußreich für die Zusammensetzung der tierischen Besiedlung sind Laichablagerungen auf Blättern.

- c) Die häufigsten Vertreter der **Tauchblattzone** sind 7 Laichkräuter, Wasserpest und Tausendblatt. Armeleuchteralgen bilden oft unterseeische dichte Rasen. In diesem Gürtel ist eine artenreiche Tierwelt vertreten, Muscheln bewohnen den Bodengrund, Schnecken siedeln auf Pflanzen. Hier findet man auch regelmäßig Egel, Strudel-, Borsten- und Fadenwürmer. Zwischen den Pflanzen leben Milben, Krebse, Insektenlarven aller Art, Wasserkäfer, Wasserwanzen und die Wasserspinne.

Bei den hier lebenden Wasserinsekten handelt es sich vielfach um luftatmende Formen, die einen Luftvorrat in einer kleinen Blase aufbewahren und durch Diffusion aus dem Wasser nachfüllen können. Man hat diese Milieuanpassung als physikalische Kieme bezeichnet. Sie funktioniert nur bei Anwesenheit von Stickstoff. Durch Entziehung des Stickstoffes kann man im Aquarienversuch die Unmöglichkeit, eine physikalische Kieme zu entwickeln, nachweisen (Leitungswasser, s. Kapitel 1.3).

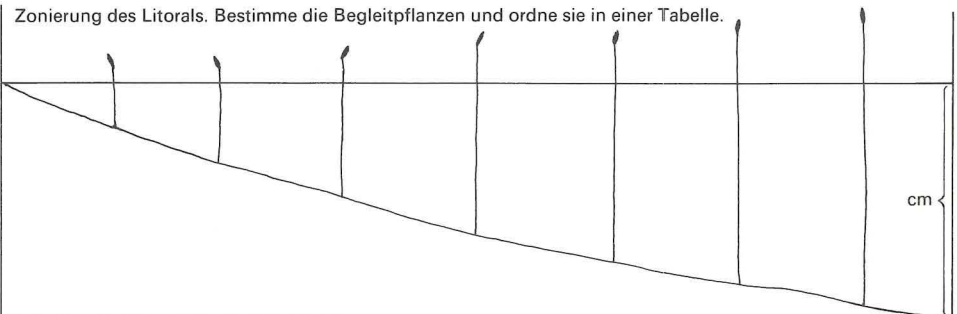
Die Pflanzen des Litorals werden von einer großen Zahl von Tierarten auf die verschiedenste Weise genutzt: Als Nahrung in frischem Zustande dienen sie minierenden Insektenlarven. Libellen, Köcherfliegen und Wassermilben legen ihre Eier daran ab. Larven einiger Arten von Köcherfliegen bauen aus ihnen ihr Gehäuse und die Lebensgemeinschaft des Aufwuchses verwendet sie als Unterlage.

Trage in das Schema die am Untersuchungsort festgestellten Werte ein.
Trage die Pflanzennamen der einzelnen Zonen soweit wie möglich ein.



Baumzone	Strauchzone	Graszone	Schilfgürtel	Schwimmpflanzen	Tauchblattzone
	m	m	m	m	m

Zonierung des Litorals. Bestimme die Begleitpflanzen und ordne sie in einer Tabelle.



Farbe	Name

Schülerübungen zur Benutzung von Pflanzenteilen durch Tiere

1. Sammle Pflanzenteile aus einem Gewässer. Untersuche sie auf Benutzungshinweise durch Tiere, z. B. Spuren von Minierern und auf abgelegte Eier. Sammle gehäusebauende Köcherfliegenlarven und stelle fest, welche pflanzlichen Baumaterialien verwendet wurden.
2. Fische mit dem Stocknetz zwischen Unterwasserpflanzen und ordne den Fund mit Hilfe des Bestimmungsteils nach Gattungen.
3. Vegetationsprofile
 - a) Stelle einige Vegetationsprofile her (s. Muster S.95).

Schätze die Länge des Pflanzengürtels im Wasser, falls keine Messung mit Hilfe eines Bootes erfolgen kann.

Damit ist die Profillänge festgelegt und kann maßstabgerecht gezeichnet werden.

Schätze die Neigung des Profils in der Erlen/Gräserzone. Im Wasser können die Tiefen mit Hilfe einer Angel ausgelotet werden.

Bestimme die auf dieser Linie wachsenden Pflanzen.

Benutze Symbolzeichen wie in Abb. 26 angegeben.
 - b) Sammle die Begleitpflanzen des Schilfgürtels vom Ufer aus und ordne sie nach Blütenfarben (s. Tabelle 17).

Schätze das Mengenvorkommen und erkläre den Unterschied zwischen Leit- und Begleitpflanzen.

Tab. 17: Begleitpflanzen des Schilfgürtels

Farbe der Blüte unscheinbar oder ohne Blüte	Rohrkolben, Binse, Kalmus, Igelkolben, Flatterbinse, Sumpfbirse, Schachtelhalm
Blütenfarbe weiß	Calla, Froschlöffel, Pfeilkraut, Schwanenblume (rosa), Wasserschierling, Wasserfenchel
Blütenfarbe gelb	Schwertlilie, Felberich, Wasserkresse
Blütenfarbe rot	Blutweiderich, Ziest, Minze, Bitterklee, Blutaug, Baldrian
Blütenfarbe blau	Vergißmeinnicht, Helmkraut, Bachbunze (<i>Veronika</i>)

4.3.2 Der Geröllstrand

Die Fauna und Flora des Geröllstrandes hat eine gewisse Ähnlichkeit mit der der Fließgewässer.

Die den Steinen aufsitzenden Algen sind im Frühjahr vorwiegend *Ulothrix* von zartgrüner Farbe, während im Sommer die dunkelgrünen *Cladophora*-Arten und die grüngelben Arten von *Oedogonium* vorherrschen. Bei den Diatomeen des Aufwuchses handelt es sich oft um *Diatoma vulgare*, *Cymbella prostrata*, *Gomphonema* u.a. Hier findet man die Wandermuschel *Dreissena polymorpha*, die mit ihren Byssusfäden fest an Steinen haftet. Von den Schnecken sei die flache Napfschnecke *Ancylus fluviatilis* und die dickschalige *Neritina fluviatilis* erwähnt. Die Unterseite der Steine bevölkern der sauerstoffbedürftige *Gammarus*, die Egel *Haemopsis sanguisuda*, *Herpobdella atomaria*, *Glossiphonia* (bekannt

durch Brutpflege), *Polycelis planaria* und *Dendrocoelum lacteum*. Regelmäßig finden wir hier Köcherfliegenlarven, die ihr Gehäuse mit Sand und Steinen beschweren (*Goëra*). Abplattung als Anpassung an den Lebensraum zeigt die Steinfliege *Nemura variegata* und die Eintagsfliege *Heptagenia*. Von den Fischen hat sich der Steinbeißer an diesen Lebensraum angepaßt.

In den tieferen Zonen des Geröllstrandes ist in molluskenreichen Seen die **Schalenzone** ausgebildet, eine Thanatozönose, die durch Wellenschlag entstanden und – da das Seeufer hier steil abfällt – auch Scharkante genannt wird. In dieser Zone finden wir auch die zu den **Aufwuchsgesellschaften** zählenden Rotalgen *Hildenbrandia*, *Batrachospermum* und *Chantransia*. Die Furchensteine, die von der Dredge oft ans Tageslicht befördert werden, verdanken ihre charakteristische Oberflächenausgestaltung Fraßgängen der Trichopterenlarve *Tinodes vaeneri*.

Am Geröllstrand finden wir oft sandige und kiesige Stellen, die als Sammelorte für die Grundwasserfauna geeignet sind.

Schülerübungen zur Grundwasserfauna

Hohlräume zwischen lockeren Gesteinen am Rande und unter dem Boden eines Fließgewässers werden als «hyporheisches Interstitial» bezeichnet. Diese Lebensräume bergen eine interessante Fauna, die wir untersuchen wollen.

An geeigneten Uferstellen eines Gewässers (s. o.) heben wir Gruben von 50 × 50 × 50 cm aus. Das einsickernde Grundwasser schöpfen wir sofort durch ein grobes Planktonnetz und konservieren die Probe wie bekannt. Wir stellen die Artenzahl fest und versuchen die *Copepoden* zu bestimmen.

Gleiches Material können wir auch aus Grundwasserbrunnen durch Pumpen gewinnen. Im Grundwasser der angelegten Gruben finden wir vor allem *Crustaceen*, hauptsächlich *Copepoden*.

Viele Arten des Grundwassers haben den Schwerpunkt ihrer Entwicklung in oberirdischen Gewässern, dazu gehören *Paracyclops fimbriatus*, *Attheyella crassa*, *Bryocamptus pygmaeus*. Achte besonders auf diese Arten.

Echte Bewohner des Grundwasser sind z. B. *Acanthocyclops*-Arten.

4.3.3 Die Objektträgermethode

Schülerübung im Freiland

Wir hängen Objektträger in den zu untersuchenden See. Dazu werden 2 Objektträger an den Enden mit je einem Gummiband zusammengehalten (s. Abb.24) und wie folgt ausgelegt: Einen in den Schilfgürtel, einen in die Tauchblattzone, einen in das flache Wasser am Geröllstrand.

Die Objektträger bleiben mindestens eine Woche an ihrem Ort. Auslegstellen kennzeichnen, Objektträger gegen Verlagern schützen (Technik der Aufwuchsuntersuchungen s. Kap.1.5.5). Für die mikroskopische Untersuchung der Aufwuchsorganismen können die Objektträger nach Lebendbeobachtung fixiert werden. Beschriftet mit Datum und Fundstelle. Die Bestimmung der Organismen erfolgt nach Kapitel 9.

1. Untersuche größere Steine eines Geröllstrandes auf Algenbewuchs und unterscheide den Bewuchs nach folgender Farbeinteilung:

- a) zartgrün b) dunkelgrün c) grüngelb

2. Handelt es sich bei den Algen um

- a) *Ulothrix* b) *Chladophora* c) *Oscillatoria*

Berücksichtige die Jahreszeit (Frühjahr/Sommer)

3. Kommt an den Steinen eine Muschel vor, die sich mit Fäden anheftet?

Artname: _____

4. Wir suchen nach Schneckenarten

- a) eine ohne Gewinde mit ausgezogener Spitze

Artname: _____

- b) eine hartschalige mit niedrigem Gewinde

Artname: _____

5. Ordne weitere Funde nach folgender Tabelle:

- a) Schnellbewegliche Formen, die auf der Seite schwimmen

Artname: _____

- b) Gehäusebauende Insektenlarven

Aus welchem Material bestehen die Gehäuse? ...

Name: _____

- c) Achte auf Insektenlarven mit 2 oder 3 Schwanzfäden

2 Schwanzfäden *Nemura*

3 Schwanzfäden *Heptagenia*

Vergleiche die Bestimmungsergebnisse mit den Artbeschreibungen in Kapitel 9.

6. Sammle Würmer, die unter und an Steinen leben und bringe sie zur Beobachtung in flachen Schalen ins Labor.

Um welche Arten kann es sich handeln? Vergleiche Kapitel 9.

Haemopis, Herpobdella, Glossiphonia, Polyceles, Planaria, Dendrocoeleum lacteum.

Merkmale aufführen ... _____

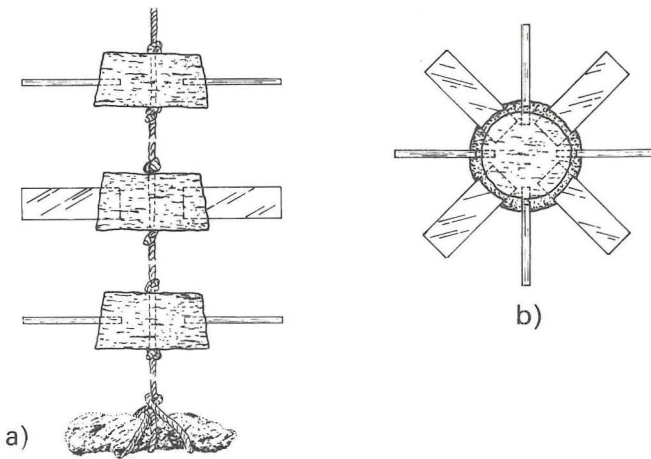


Abb. 24: Exposition von Objektträgern

a) Seitenansicht, b) Korken in Aufsicht aus SCHWOERBEL nach KUSNETZOW und SLADECKOVA)

4.3.4 Laich von Wassertieren

Schülerübung

Sammle Schwimmblätter mit abgelegtem Laich, zeichne die Blattumrisse und die darauf befindlichen charakteristisch gestalteten Laichformen. Bringe den Laich getrennt in flachen Glasschalen bei Temperaturen wie ungefähr am Fundort zum Ausschlüpfen. Bestimme die ausgeschlüpften Formen (siehe Bestimmungstabelle).


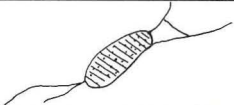
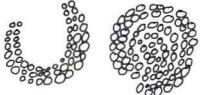

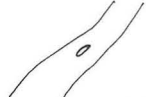







4.3.5 Das Neuston

Eine Lebensgemeinschaft, die eigentlich dem Pelagial zuzurechnen ist, dort aber nur in lenitischen (= Stillwasser-)Biotopen vorkommt, ist die des Neustons, des Oberflächenhäutchens stehender Gewässer. Die Biozönose **Neuston** umfaßt Lebewesen, die am Oberflächenhäutchen angeheftet sind.

Zahlreiche Neustonformen steigen aus dem Plankton auf zur Oberfläche. Hier kommt es infolge günstiger Bedingungen oft zu Massenentwicklungen. In erster Linie sind die Wasserblüte bildenden Blaualgen zu nennen, denen sich zahlreiche Kieselalgen zugesellen. Pilze und Bakterien fehlen nie, tierisches Leben tritt mengenmäßig zurück. Die oftmals auftretenden schwefelgelben Beläge stammen von eingeschwemmtem Blütenstaub der Kiefer.

Dem Kahnfahrer *Scapholeberis mucronata*, aber auch Schnecken und Kaulquappen dient die Unterseite des Neustons zur Weide. Regelmäßig anzutreffen sind *Chlamydomonas*- sowie *Trachelomonas*- und *Euglena*-Arten. Auf der Oberfläche bewegen sich Wasserläufer (*Gerris*), Teichläufer (*Hydrometra*) und Scharen von Springschwänzen (*Poduriden*).

Tab. 18: Bestimmungstabelle für Laich auf Schwimmblättern

im Wasser in Gallerte	Büschelmücke, rundliche 1/2 cm große Gallert- scheibe mit schwarzen Eiern auf der Wasserober- fläche	
	Zuckmücke, Eier schwimmen im Wasser mit langen Spinnfäden verankert	
	Köcherfliege, große Gallertringe spiralig angeordneter Eier an Pflanzen unter Wasser	
im Wasser ohne Gallerte	Schilfkäfer, 1 mm große Eier neben Loch auf Seerosenblättern, Eier in zweimal zwei Bogenreihen	
	Gelbrandkäfer, Wasserpflanzenstengel mit Einstich für 1 Ei	
	Libellen, auf Unterseite von Seerosenblättern Stichnarben in bogenförmigen Reihen	
	Wasserläufer, Eier reihenförmig an Wasserpflanzen angekittet	
	Wasserskorpion, große Eier in schwimmenden Pflanzenteilen, sieben Atemfäden ragen heraus	
	Stabwanze, wie voriger, zwei Atemfäden ragen hervor	
	Ruderwanze, Eier an Wasserpflanzen angeklebt	
Eier auf Wasser- oberfläche	Kolbenwasserkäfer, 50 Eier im Kokon	
	Stechmücke, kleine gelbe Schüsselchen	

4.3.6 Das Pleuston

Ebenfalls an die Wasseroberfläche gebunden, aber frei schwimmend, ist die Biozönose **Pleuston**. Die Wasserlinsen (*Lemnaceen*) überziehen häufig den Wasserspiegel der Kleingewässer ganz und schaffen dadurch besondere thermische Verhältnisse. Bemerkenswert ist die Krebssschere (*Stratiodes aloides*), die den Boden mancher Gewässer besiedelt, zur Blüte aber an die Oberfläche aufsteigt. Neben den Tieren, die als Oberflächenbewohner des Neustons genannt wurden, sei hier auf den Taumelkäfer hingewiesen, der auf dem Pleuston regelmäßig scharenweise anzutreffen ist.

Schülerübung zur Untersuchung des Oberflächenhäutchens

Um ein Stückchen des Oberflächenhäutchens zu erlangen, stellen wir uns eine kreisförmige Drahtschleufe von $\frac{1}{2}$ –1 cm \varnothing her. Das aufgefangene Häutchen bringen wir zur Untersuchung auf einen Objektträger und konservieren über Osmiumsäuredämpfen (1%ig OsO₂) (giftige Dämpfe, Abzug!).

Eine andere Methode bedient sich einer flachen Kolkwitzkammer, an der das Häutchen sich leicht anheftet. Neustonproben kann man auch quantitativ auswerten.

Tab. 19: Neuston-Produktion pro 1 mm² (M. RYLOW)

<i>Chlamydomonas globulosa</i>	1900–2700
<i>Euglena acus</i>	100–200
<i>Gonium pectorale</i>	1–2 Kolonien
<i>Trachelomonas volvocina</i>	50–100
Farblose Flagellaten	10–30
Ferner einige Infusorien, 10 Eier des Rädertieres <i>Diglena catellina</i> , einige Bodendiatomeen und zahlreiche tote Partikel.	

4.3.7 Das Nekton

Ganz dem Pelagial zuzurechnen ist das **Nekton**.

Zu ihm gehören Organismen mit Eigenbewegungen, vor allem Fische. Unabhängig vom Gasaustausch an der Oberfläche sind auch die Kiemen- und Hautatmer wie Muscheln, Würmer, Zuckmückenlarven u. a. Lungenschnecken, Wasserkäfer und Spinnen müssen zur Sauerstoffaufnahme an die Wasseroberfläche kommen.

4.4 Der «Große Plöner See» – Beispiel einer Eutrophierung

Typus: Faulschlammsee mit *Chironomus plumosus*

Hydrographische Angaben:

Höhenlage	21,6 m über NN
Tiefe	60,5 m (max. Wert), 13,7 m (mittlerer Wert)
Länge	9 km (max. Wert)
Breite	7 km (max. Wert)
Fläche	30 km ²
Volumen	412 m ³

Eutrophiegrad II

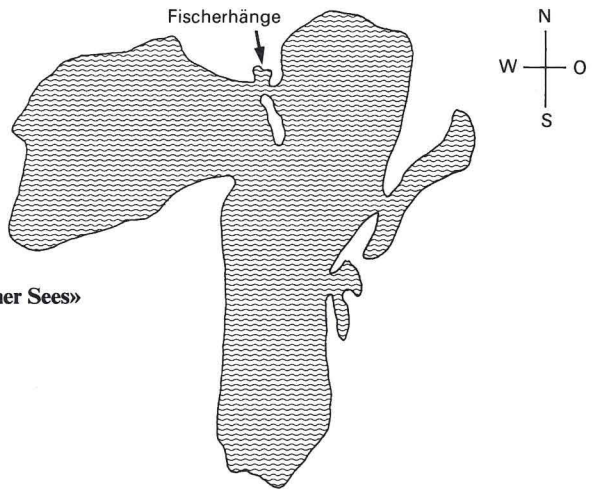
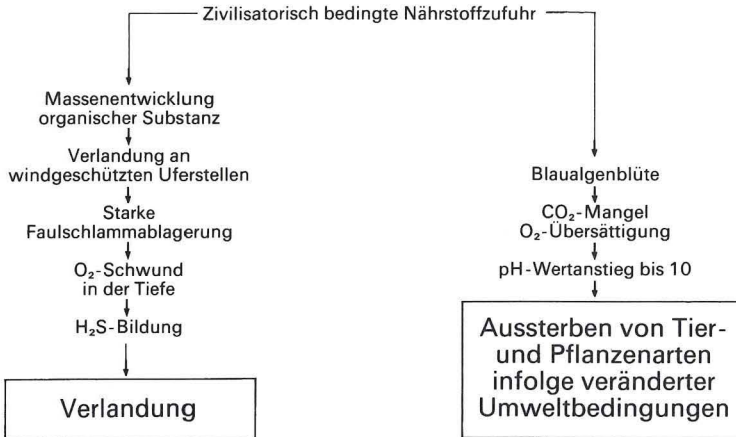


Abb. 25: Umrißkarte des «Großen Plöner Sees»
(nach MIEGEL)

Tab. 20: Schema für die Entwicklung eines eutrophen Sees



Unter **Eutrophierung** verstehen wir die extreme Zunahme des Nährstoffgehaltes eines Sees. Eine fortschreitende Eutrophierung hat für den See als Lebensraum von Organismen negative Folgen. Die im obigen Schema aufgezeigte Entwicklung eines eutrophen Sees soll am «Großen Plöner See» (nach OHLE) zurückverfolgt werden.

Glazialen Ursprungs, kann man das heutige Alter des Gewässers mit etwa 10000 Jahren annehmen. Nach Sedimentuntersuchungen war der See bis ins 13. Jahrhundert in einem natürlichen Zustand normaler Alterung. Etwa um 1250 wurde er 2 m aufgestaut, um Wasser für die Plöner Mühle zu gewinnen. 1882 wurde er dann wieder um 1 m gesenkt. Diese Maßnahmen führten zu einer ersten künstlichen Eutrophierung, da Nährstoffe aus fruchtbaren Böden in das Seewasser gelangten. Nach den Profilen entspricht die Menge der Ablagerungen der letzten 700 Jahre denen aus 9000 Jahren vorher. Die vorgestellten

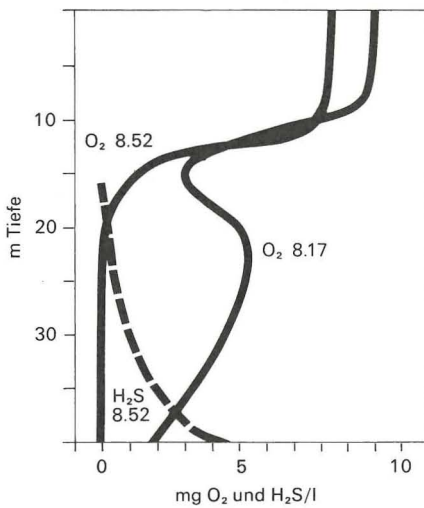


Abb. 26: Sauerstoff- und Schwefelwasserstoffschichtung der Sommer 1917 und 1952 im «Großen Plöner See» (nach OHLE)

Profile zeigen darüber hinaus, daß in der Zeit von 1917–1952 eine «rasante» Eutrophierung eingesetzt hat, die zivilisatorisch bedingt war. Daß dieser Prozeß steuerbar ist, zeigt die weniger drastische Eutrophierung nach Erstellung eines Abwasserreinigungssystems durch die Stadt Plön in jüngster Zeit. Bei verantwortungsbewußter Einsicht und Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse kann die zivilisatorisch bedingte überschnelle Eutrophierung eines Gewässers verlangsamt werden.

Im eutrophen See wird der Sauerstoff im Profundal zum Minimumfaktor. Der Sauerstoffgehalt läuft in etwa der Temperaturkurve parallel (vgl. Abb. 27).

Im «Großen Plöner See» herrschen die Südwestwinde vor (Windexponiertheit). Das Brandungsufer ist an den östlichen Ufern ausgebildet. Der Pflanzengürtel ist hier spärlich, stellenweise gar nicht entwickelt. *Phragmites* fehlt manchmal ganz, in tieferen Bereichen wächst *Scirpus*. Auf weite Strecken befinden sich kahle Sand- und Geröllstrände mit groben Felsblöcken. Unterschiede am Brandungsufer sind durch die Exponiertheit, d. h. die Länge der freien Wasserflächen in Richtung der vorherrschenden Winde, bedingt. Hiervon ist die Brandungsstärke abhängig.

Die Verhältnisse am pflanzenreichen Westufer sollen am Beispiel der Fischerhänge (Abb. 28) demonstriert werden. Hier ist die Wassertiefe durch Schlammablagerungen auf 2 m reduziert. Die Vegetationskarte zeigt, daß die Makrophyten sich über die ganze Wasserfläche ausgedehnt haben. Dieser Gewässerteil im «Windschatten» befindet sich im Zustand fortgeschrittener Verlandung.

Bei den Felduntersuchungen an Seen genügt es, die Ausdehnung des Litorals vom Ufer aus zu schätzen. Der Unterschied der Ufersäume in Ausdehnung und Zusammensetzung des Pflanzengürtels an windstillen und windexponierten Stellen ist zeichnerisch festzulegen. Als Ergebnis sollten die Unterschiede zwischen Brandungs- und Verlandungsufer nach den gewonnenen Erkenntnissen tabellarisch zusammengestellt werden.

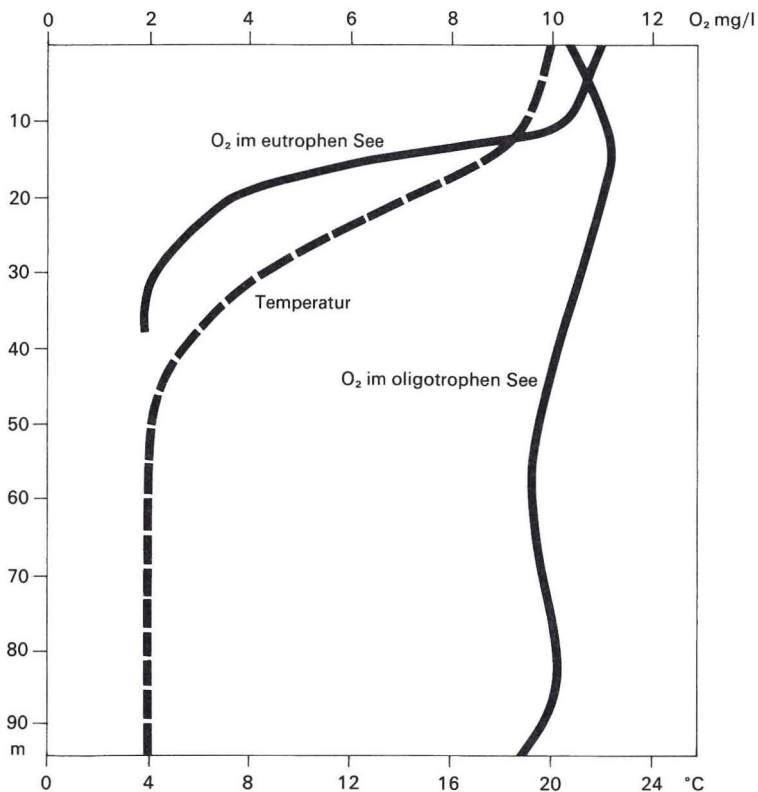


Abb. 27: Temperatur- und Sauerstoffkurve des eutrophen «Großen Plöner Sees» im Vergleich mit einer Sauerstoffkurve eines oligotrophen Sees. An der Oberfläche sind die Unterschiede nur gering. Bei der Tiefe von ungefähr 10 m setzt im eutrophen See eine deutliche O₂-Abnahme ein, die mit der Temperaturkurve parallel verläuft.

Schülerübungen zur Erarbeitung der Unterschiede zwischen Brandungs- und Verlandungsufer eines Sees

1. Sammle Molluskenschalen vom Brandungs- und Verlandungsufer eines Sees und ordne sie nach Arten. Untersuche die Schalen auf Festigkeit und Dicke. Unterscheide: sehr zerbrechlich, zerbrechlich, schwer zerbrechlich.
Stelle die Ergebnisse in Form einer Tabelle zusammen.
2. Führe an den Fundorten Calcium- und pH-Wert-Bestimmungen durch.
Welche Zusammenhänge sind zu erkennen?
3. Fange mit einem Stocknetz vom Ufer aus Vertreter der Makrofauna und ordne sie nach Arten.
4. Stelle die Unterschiede der beiden Biotope: Brandungs- und Verlandungsufer fest.

- Zeichenerklärung
- Y Phragmites communis
 - W Scirpus lacustris
 - T Typha
 - f Sparganium
 - T Potamogeton perfol
 - V Potamogeton natans
 - ∞ Potamogeton lucens
 - ∨ Potamogeton pectinatus
 - ↑ Batrachium aquatile
 - I Nuphar
 - h Chara
 - o Fontinalis
 - ∩ Helodea

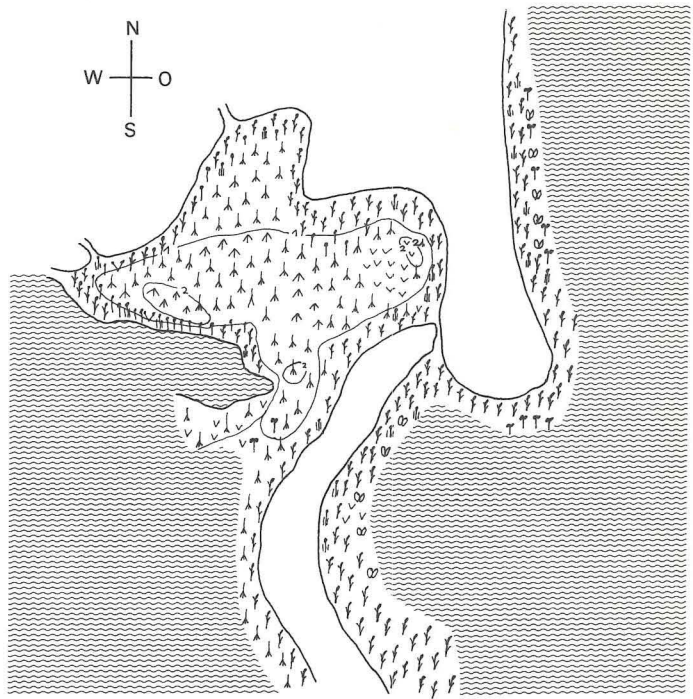


Abb. 28: Fischerhänge. Verlandungsbucht des «Großen Plöner Sees» (nach MIEGEL)

5. Um die Abhängigkeit der Verlandungsgeschwindigkeit von der vorherrschenden Windrichtung zu erkunden, müssen wir Untersuchungen an mehreren gut erreichbaren größeren Seen durchführen.

Wir müssen durch Einsicht in die Monatsblätter des örtlichen statistischen Amtes die in diesem Gebiet vorherrschende Windrichtung erkunden. Man kann die Exponiertheit rechnerisch in einem Zahlenwert angeben oder sie auch graphisch in Form einer Windrose darstellen.

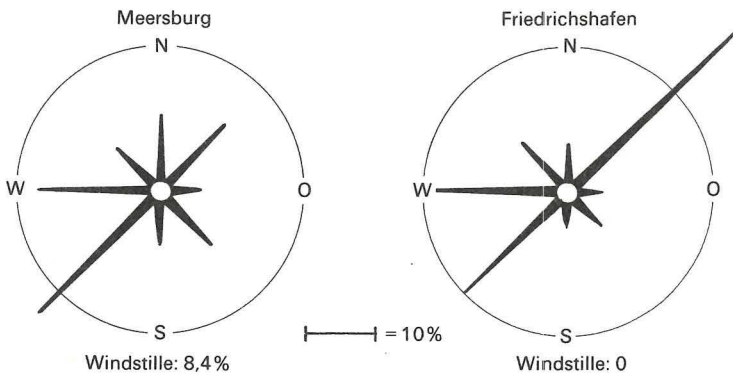


Abb. 29: Legende S. 106

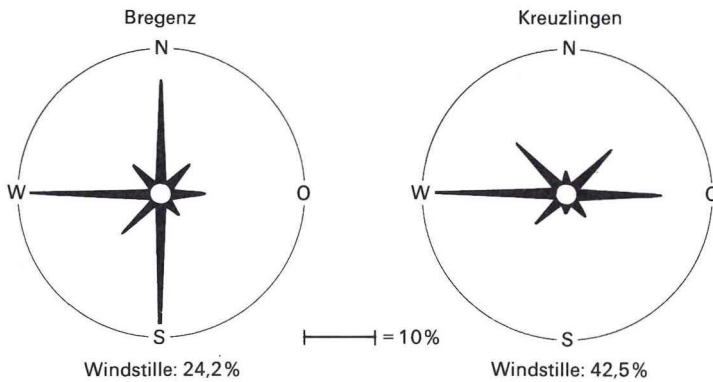


Abb.29: Graphische Darstellung der Windexponiertheit am Beispiel Bodensee (aus KIEFER: Der Bodensee). Die Winde wehen zum Mittelpunkt der Windrose hin. Die Länge der Striche ist ein Maß für die Häufigkeit der einzelnen Windrichtungen

4.5 Die Profundalzone

Das Profundal ist die lichtlose Bodenzzone der Gewässer. Bei der Untersuchung der Bodenproben von Kleingewässern finden sich mit einer gewissen Regelmäßigkeit *Tubificiden*- und *Chironomiden*larven. In Seen treten sie als Massenbewohner des Profundals auf. Ihre Lebensweise und Ernährung sind so charakteristisch, daß man sie für die Erstellung der Seetypen benutzt und an ihnen wichtige Umweltbeziehungen studiert hat.

*Chironomiden*larven leben in den sauerstoffarmen Tiefen der Seen im Sediment und werden zu den Sedimentfressern gerechnet, ernähren sich aber nicht davon, sondern zeigen ein sehr differenziertes Verhalten in bezug auf ihre Nahrungsaufnahme. Die ständig in das Profundal aus der trophogenen Zone herabsinkenden Tierleichen und die Algenreste sedimentieren am Boden. Aus diesen suchen sich die Larven als Filtrierer mit Hilfe ihrer Rezeptoren Algenreste und vor allem Diatomeen zur Nahrungsaufnahme heraus. Die Freßintensität ist abhängig von dem anfallenden Algenangebot und dem O₂-Gehalt. Wenn während der Sommerstagnation völliger Sauerstoffschwund eintritt, kann man bei den Larven einen stark herabgesetzten Stoffwechsel und keine Nahrungsaufnahme feststellen. Nach Vollzirkulation tritt bei ihnen ein rasches Wachstum auf, das im Winter ganz zum Stillstand kommt, da die Planktonproduktion in den oberen Schichten dann fast ganz aufgehört hat.

Wie die Kurven aussagen, haben sich die Massen der *Chironomus*larven vom Juli bis Dezember tiefenwärts verlagert. Während sie im Sommer litoralwärts «wandern», suchen sie im Winter tiefere Gewässerstellen auf. Die Biozönosen des Profundals sind demnach in einer jahreszeitlich bedingten Bewegung und bewirken somit eine Verlagerung der Maxima.

Die mit den *Chironomiden* im gleichen Biotop lebenden *Tubificiden* sind reine Sedimentfresser. Auch sie leben wie die *Chironomiden* in Röhren, aus denen sie mit dem Hinterleib herausragen. Sie nehmen ständig Sedimente auf und scheiden die Reste an der Oberfläche wieder aus. Da sie auf diese Weise große Mengen der Schlammablagerungen durch ihren Körper transportieren, kommen sie mit einer geringen Nahrungsausnutzung zurecht.

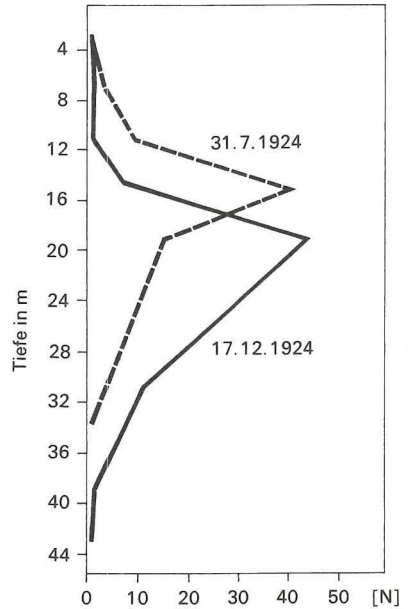


Abb. 30: Tiefenverteilung der *Chironomidenlarven* im «Großen Plöner See» (verändert nach SCHUBERT)

Schülerübungen mit *Chironomiden* und *Tubificiden*

1. Untersuche den Darminhalt von *Chironomiden* auf *Diatomeen*.
2. a) Die Sauerstoffabhängigkeit der *Tubificiden* läßt sich demonstrieren, indem man 2 Bechergläser 2–3 cm hoch mit feinem Sand füllt, ein Becherglas mit sauerstoffarmem, das andere mit sauerstoffreichem Wasser (mit Pumpe durchlüftet) auffüllt und mit *Tubificiden* besetzt. Im O₂-armen Wasser beobachtet man nach einer gewissen Zeit, daß die Bewegungen des herausragenden Hinterteils schneller sind als in dem sauerstoffreichen Wasser.
- b) Auch den Bau der Röhren kann man beobachten, indem man die Tiere in ein Becherglas mit Schlammgrund gibt. Nach Absetzen des Schlammes sieht man die schlängelnden Bewegungen und das Einziehen des Körpers in den Schlamm, Sedimentpartikel, die am Körperschleim anhaften, werden abgestreift und sind an der Schlammoberfläche als kleine Häufchen zu erkennen.

4.6 Der «Bodensee» – Beispiel eines oligotrophen Sees

Der «Bodensee» ist der Typus eines oligotrophen Sees. Er erhält sein Wasser aus den Alpengebirgsbächen, die sich durch niedrige Temperaturen, minimalen Nährstoff- und hohen Sauerstoffgehalt auszeichnen.

Der Wasserkörper des Bodensees ist deutlich in Tiefen- und Oberflächenwasser geschichtet. Seiner Tiefe von 250 m entsprechend ruht das Wasser der Tiefe über Jahre, während die oberflächlichen Wasserschichten vom durchfließenden Rhein jährlich mehrfach ausgetauscht werden.

Seinem Umriß nach unterscheidet man den Obersee vom westlichen Untersee. Letzterer liegt im Windschutz und ist seit jeher eutrophiert. Der Obersee selbst befindet sich zur Zeit in einem Zustand, den man als mesotroph mit Tendenz zur Eutrophierung bezeichnen kann. Der Bodensee ist also das Beispiel eines oligotrophen Gewässers, das im Begriff war, als Folge zivilisatorischer Einflüsse in die Eutrophie «umzukippen». In den letzten Jahren gelang es, diesem Vorgang wirksam zu begegnen.

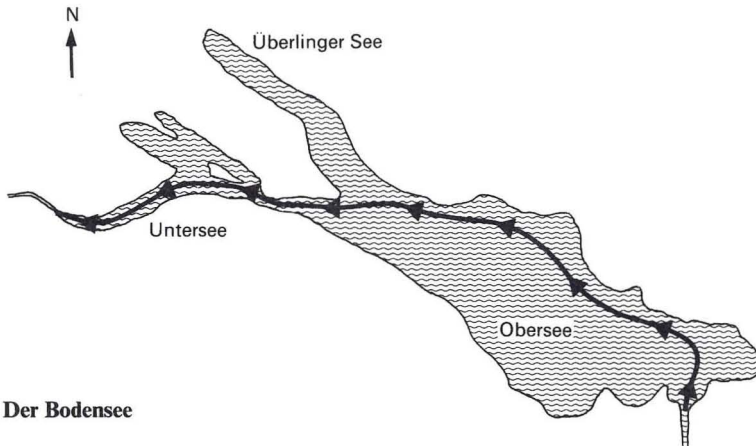


Abb. 31: Der Bodensee

Während die Seen Europas dimiktisch sind, ihr Wasser also im Sommer und Winter stagniert und im Frühjahr und Herbst durch Zirkulation durchmischt wird, ist der Bodensee mit nur einer Zirkulation im Winter «warm-monomiktisch». Die Wassermassen zirkulieren nur nach ausreichender Abkühlung des Oberflächenwassers.

Neben den thermisch bedingten Durchmischungen spielen im großen Obersee «Seiches» (Schaukelbewegungen horizontaler Wasserschichten) eine große Rolle. Sie verdanken ihre Entstehung Luftdruckunterschieden und langanhaltenden Winden aus einer Richtung, wie sie z. B. bei Föhn entstehen. Mehr oder weniger horizontale Wasserschichten geraten dadurch in Schaukelbewegungen mit einer Periodendauer bis zu 24 Stunden, einer Länge bis zu 30 km und einer Amplitude bis zu 45 m. Am Bodensee wird bei starken Westwinden warmes Oberflächenwasser bis zu 60 m tief gedrückt und durch kaltes Tiefenwasser am entgegengesetzten Ufer kompensiert. Die Schichtung der Wassermassen im «Bodensee» ist niemals horizontal, zu den beschriebenen Bewegungen kommen Konvektionsströmungen, Turbulenzen verschiedener Art, Winddriften und am Nordufer Durchströmungen des Rheins.

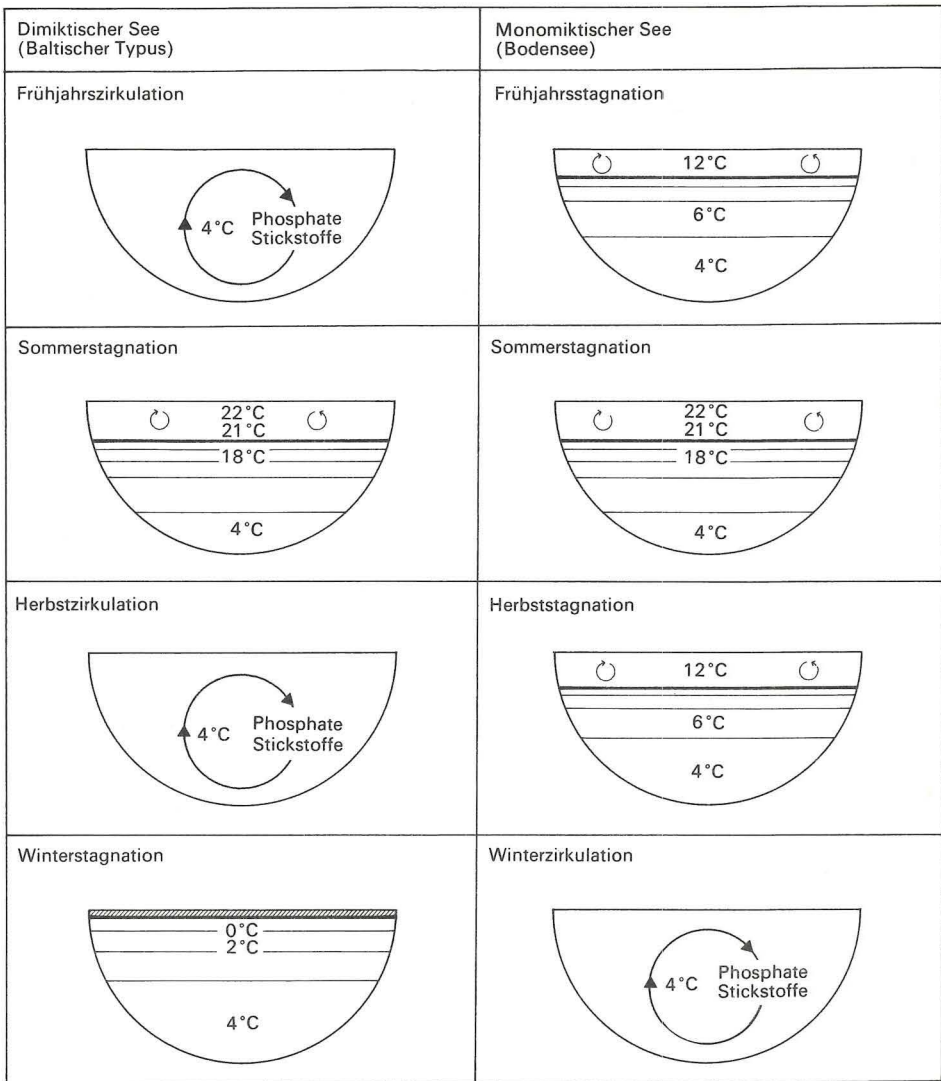


Abb. 32: Thermisch bedingte Zirkulation im See

Im oben angesprochenen **Vorgang beginnender Eutrophierung** haben die Phosphorverbindungen eine Schlüsselstellung. Im «Bodensee-Obersee» sind die Mengen an Orthophosphat im Laufe der letzten 25 Jahre von 0 mg/m^3 auf ca. 25 mg/m^3 angestiegen. Während der natürliche anorganische Phosphatgehalt den Niederschlägen und Auswaschungen phosphathaltiger Gesteine entstammt, hat diese Phosphatanreicherung ihre Ursache in der starken Überdüngung der Äcker und Wiesen des Einzugsgebietes. In den Bodensee gelangen täglich 0,71 Tonnen Phosphate, eine Folge der stark angestiegenen

Bevölkerungsdichte in diesem Siedlungsgebiet. Die Wassergüte des Obersees, die an sich der Güteklasse I zuzurechnen ist, ist in den Uferbezirken infolge Verschmutzung stark abgesunken.

Durch die Verschiebungen auf der Eutrophierungsskala kam es in qualitativer und quantitativer Hinsicht zu Veränderungen im Plankton. Neue Charakterarten eutropher Gewässer traten auf und verdrängten alteingesessene. Eine weitere auffällige Veränderung im Bodensee war das Auftreten der Wandermuschel *Dreissena polymorpha*, das immer eine Folge der Anreicherung eines Gewässers mit Schwebstoffen ist. Der Bodensee ist ein wichtiges Trinkwasserreservoir für Stuttgart und wasserarme Gebiete in der Schwäbischen Alb. In den Wasserentnahmerohren setzten sich die Larven der Wandermuschel fest und die heranwachsenden Tiere verstopften schnell die Rohre, so daß schwere wirtschaftliche Schäden entstanden.

Besonderes Interesse erweckten die Massentwicklungen im Plankton, denn sie sind Grundlage für die Ernährung der im Bodensee heimischen Felchenarten. Infolge günstiger Lebensbedingungen nahm die Populationsdichte dieser Fischarten schnell zu. Überernährung führte zur Verfettung, die sich auf die Entwicklung der Fortpflanzungsorgane der Fische ungünstig auswirkte. Die aufkommende Brut zeigte eine hohe Sterblichkeitsrate, so daß künstliche Erbrütung und Besatz erforderlich wurden. Die künstliche Eutrophierung hatte sich also nicht nur ungünstig auf die biologischen Gleichgewichtszustände ausgewirkt, sondern auch zu keinem wirtschaftlichen Erfolg für die Fischerei geführt.

Insgesamt zeigten sich im Stoffhaushalt und in der Zusammensetzung der Biozöosen des Bodensees Veränderungen, die zu ernster Besorgnis Anlaß gaben. Maßnahmen zur Beseitigung der Umweltverschmutzung waren dringend erforderlich. Vor allem muß der Bau von Kläranlagen weiter forciert werden.

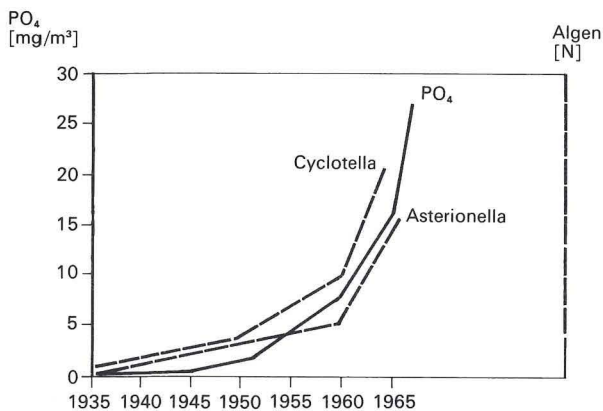


Abb. 33: Anstieg des Minimumfaktors Phosphor (PO₄) im «Bodensee-Obersee» in den Jahren 1935–65 von 0 bis ca. 25 mg/m³ und der Maxima der Populationsdichten von *Cyclotella* und *Asterionella* im gleichen Zeitraum

5 Energie und Stoffumsatz im See

Grundlage der Biomasse, die in einem See gebildet wird, ist die pflanzliche **Primärproduktion**, die hauptsächlich von Algen erzeugt wird. Im Litoral der Seen und in Kleingewässern haben die höheren Pflanzen einen bedeutenderen Anteil. Auch unter den Bakterien gibt es zahlreiche Arten, die zur Photosynthese befähigt sind. Diese verläuft anaerob, es entsteht dabei kein Sauerstoff, sondern meist Schwefelwasserstoff. Die Biomasse photosynthetisch aktiver Bakterien ist erheblich. Ihr Anteil an der Gesamtproduktion kann bis zu 25% betragen.

Experimentell wird die Phytoplanktonproduktion durch Messung der Gesamt-Kohlenstoffassimilation oder auch über die Sauerstoffproduktion ermittelt. Diese Methoden müssen jedoch sehr differenziert angewandt werden und eignen sich nicht als «Kochbuchmethoden» (OHLE).

Die **Assimilationstätigkeit** nimmt mit zunehmender Lichtstärke zu, um im Lichtoptimum ein Plateau zu erreichen. Das Lichtoptimum selbst liegt bei abnehmender Temperatur niedriger. Dies erklärt die Tatsache, daß die Hauptmenge der Produktion eines Gewässers den obersten Schichten entstammt. Die Kompensationsebene liegt an der Stelle des Sees, an der nur noch 1% der Lichtenergie ankommt. Die Lage der Kompensationsebene läßt sich mit Hilfe der Sichttiefenmessung feststellen. Unter der Kompensationsebene übersteigt die Dissimilation die Assimilation, die Gewässertiefen sind daher nicht produktiv.

Die Wasserschicht oberhalb der Kompensationsebene nennen wir die trophogene, die darunterliegende die tropholytische Zone. Das Pelagial ist als trophogene Zone Lebensraum der Produzenten. Im Hinblick auf den Stoffkreislauf trennt die Kompensationsebene ihn von der tropholytischen Zone des Profundals.

Von der **Bruttoproduktion** organischen Materials wird ein Teil von den Wasserorganismen selbst veratmet, diese Verluste betragen bis zu 40%. Die Produktion eines Gewässers, die an die Konsumenten weitergegeben wird, bezeichnet man als **Nettoproduktion**. Meere, oligotrophe, eutrophe Seen und Teiche stellen eine Reihe zunehmender Nettoproduktion dar.

Die stoffliche Grundlage für die Assimilation bilden Kohlendioxid sowie Hydrogenkarbonate und Karbonate. Das gelöste anorganische Phosphat ist der begrenzende Faktor für das Algenwachstum. Der Stickstoffbedarf wird aus dem fast immer vorhandenen Ammonium und Nitrat gedeckt. Calcium, Magnesium, Kalium und Eisen gelten als essentiell für Algen, während Natrium nur für Blaualgen notwendig ist. Manganmangel hemmt die Photosynthese. Von den Spurenelementen sind Kupfer, Molybdän und Vitamin B₁₂ (Cobalt) wachstumsfördernd.

Die gelösten organischen Stoffe sind Nahrungs- und Energiequellen für heterotrophe Bakterien.

Wichtige, das Gewässer charakterisierende Stoffe sind die Humine. Die schwer bestimm-
baren Huminsäuren sind polymere Phenole, durch die Fulvosäure wird die braune Farbe

der Moorgewässer hervorgerufen. Beide Stoffe gelangen durch unvollständige Zersetzung von Pflanzenresten ins Wasser, gehen mit Eisen und Mangan Komplexverbindungen ein und verhindern so deren Ausfall.

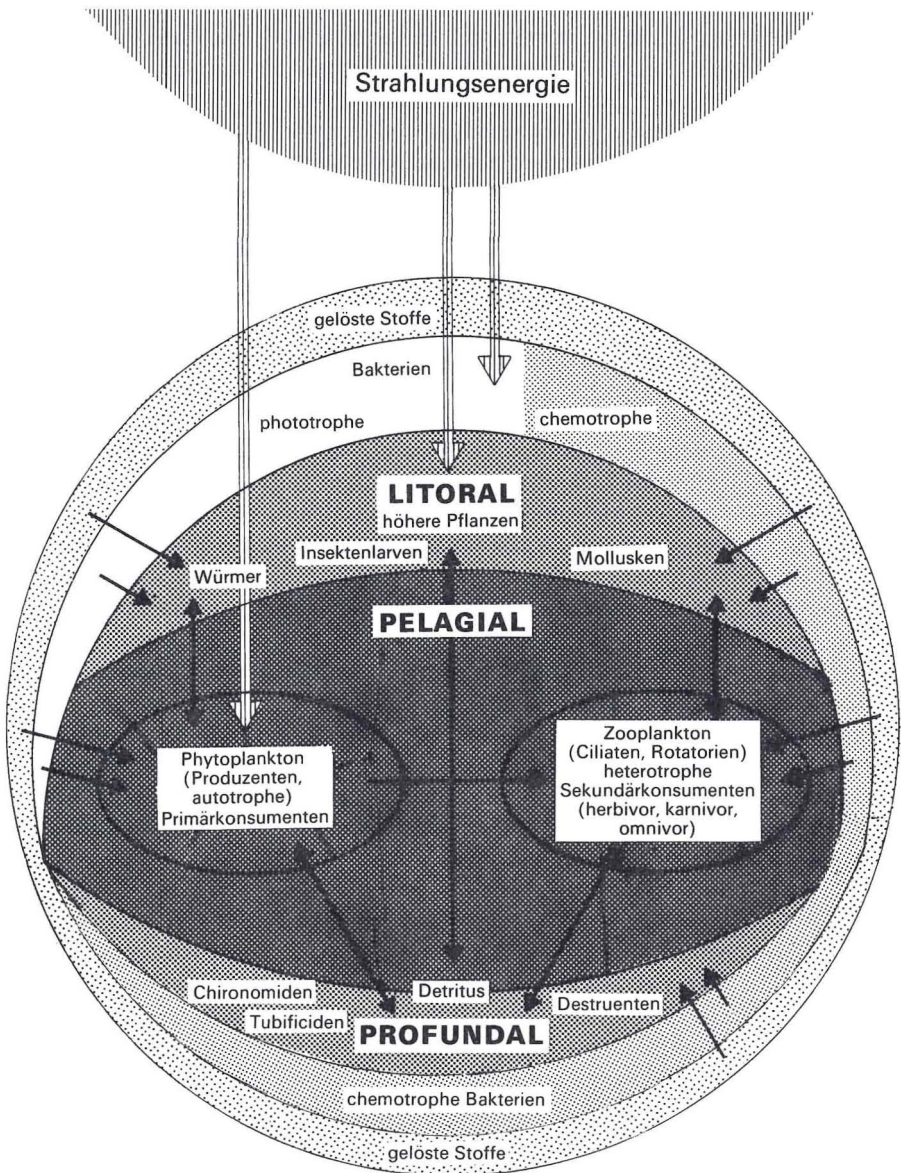


Abb. 34: Energie- und Stoffumsatz im See

5.1 Nahrungsketten

Jedes Individuum und jede Art ist spezifisch in die Nahrungskette eingeordnet. Wir unterscheiden:

Produzenten	Phytoplankton, autotrophe Bakterien	
↓		
Primärkonsumenten	Zooplankton (Pflanzenfresser), Herbivore	} Omnivore
↓		
Sekundärkonsumenten	Zooplankton (Fleischfresser), Karnivore	

Die **Produzenten** nutzen die Strahlungsenergie zum Aufbau organischer Stoffe mittels Photosynthese oder nehmen die im Wasser vorhandenen gelösten Stoffe direkt in ihren Stoffwechsel auf.

Diese Ernährung dient den **Konsumenten**, vor allem den Tieren, als Grundlage für ihren Bau- und Energiestoffwechsel.

Als **Destruenten** wirken vor allem Bakterien, die tote organische Substanz mineralisieren. Das Verhältnis der Produzenten zu den Reproduzenten und Konsumenten bezeichnet man als biologischen Index

$$I = \frac{2P}{R + K}$$

Aus der Trophiepyramide ist zu entnehmen, daß die Ermittlung der Biomasse des Phytoplanktons, bezogen auf die Flächen- oder Volumeneinheit des Sees, eine voll ausreichende Grundlage zur Beurteilung der Primärproduktion ist.

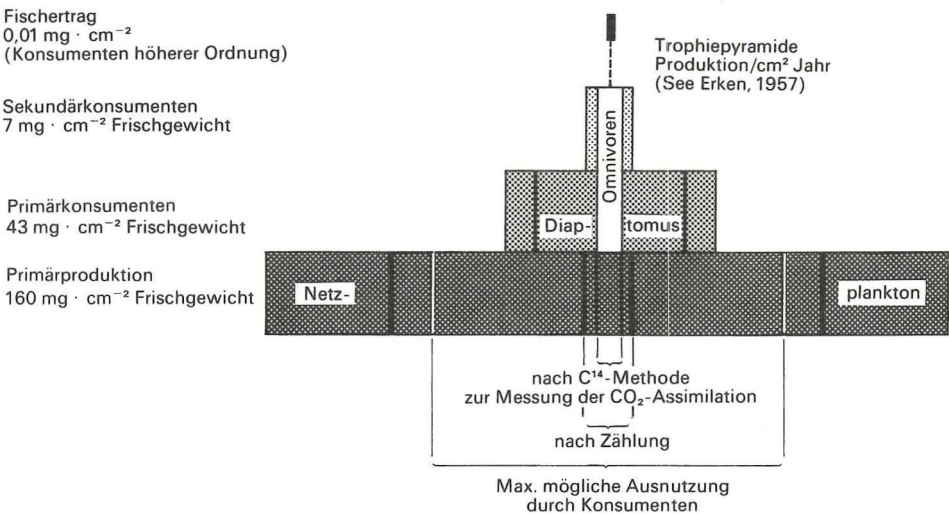


Abb.35: Trophiepyramide (nach NAUWERCK, 1963). Die verschiedenen Ebenen des Aufbaues (Produktion) und des Umbaues (Konsumation) der organischen Substanz sind unter Angaben der Frischgewichte und Organismusgruppen dargestellt

Phytoplankton

Die in einem Gewässer vorhandene Masse des Phytoplanktons ist abhängig von

- der Assimilationsrate (Lichtfaktor),
- dem für die Atmung zur Verfügung stehenden Sauerstoff,
- der Turbulenz (Aufwärtsbewegung des Planktons),
- der Jahreszeit (vgl. Abb. 35).
- dem Verbrauch durch Konsumenten,
- dem Absinken toter Organismen,

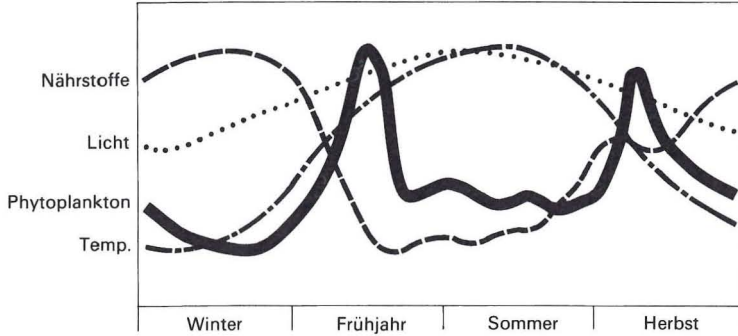


Abb. 36: Jahreszeitliche Verteilung des Phytoplanktons im See (nach ODUM 1959)

Planktonkalender zeigen ein *Diatomeen*maximum im Frühjahr und Herbst, im Sommer dagegen ein Grün- und Blaualgenmaximum.

Die räumliche Verteilung des Phytoplanktons hängt von der einfallenden Lichtenergie und der Schwebefähigkeit der Formen ab.

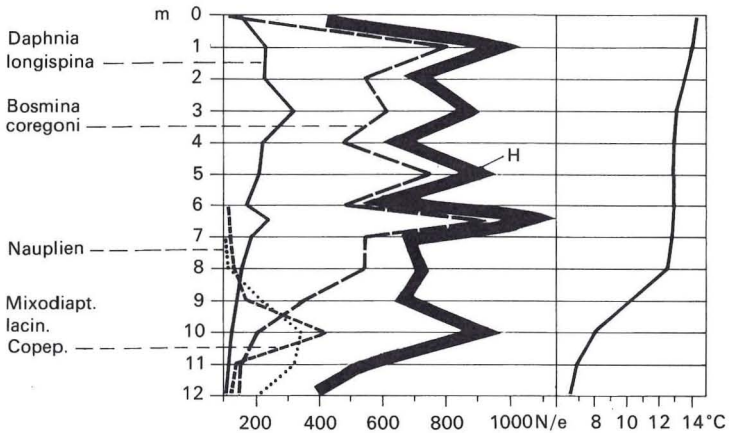


Abb. 37: Mit dem Echolot aufgenommene Planktonhorizonte (H); links daneben die durch Pumpfänge kontrollierte Verteilung der einzelnen Arten; ganz rechts Temperaturschichtung; Abszisse: Individuenzahl je Liter, Ordinate: Tiefe (Orig. SCHRÖDER)

«Zur Darstellung der Vertikalverteilung bedient man sich der sogenannten Kugelkurven, d. h., man gibt die Anzahl der in jeder Tiefenstufe des Sees gefundenen Plankter nicht in absoluten Zahlen pro Liter, sondern als 3. Wurzel der Individuenzahl dividiert durch 4,19 an:

$$\sqrt[3]{\frac{n}{4,19}}; \text{ dies entspricht dem Radius einer Kugel} \text{ (LOHMANN).}$$

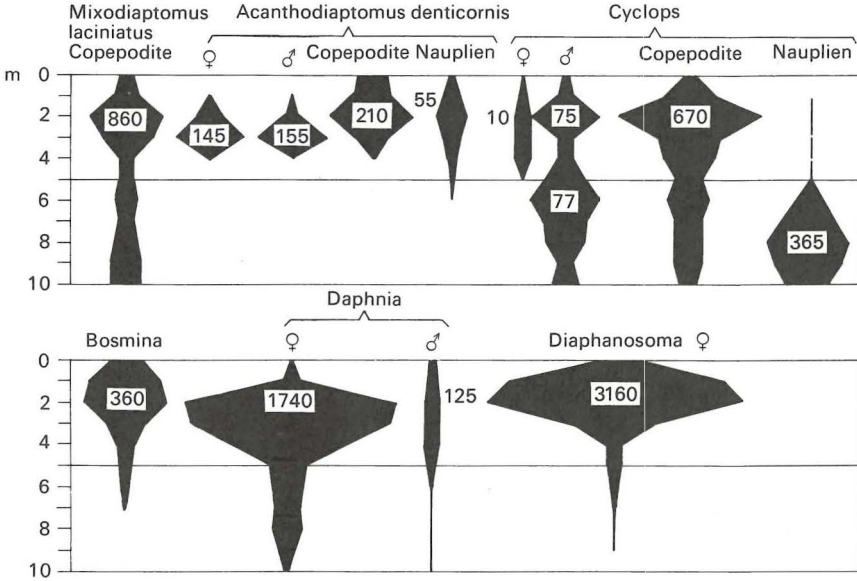


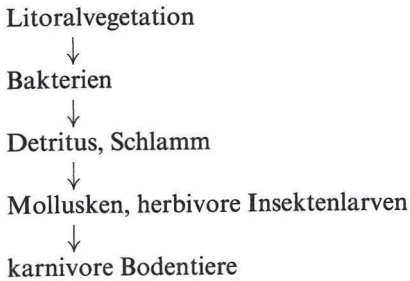
Abb. 38: Vertikale Schichtungsbilder von Zooplankton im See: «Kugelkurven» (aus EICHORN, 1956). Nauplien und Copepodite sind Entwicklungsstadien.

Mit Hilfe von Flaschenversuchen hat man die Tiefenlage der Vermehrungsoptima für einige Algen gemessen. Daraus ergab sich, daß an der Wasseroberfläche eine Photosynthese-Hemmung festzustellen war. Das Maximum der Produktionskurve lag immer unter der Oberfläche und nahm mit zunehmender Tiefe wieder ab. Der größte Teil der Produktion in Seen geht also in den oberen 5 m vor sich.

Höhere Pflanzen

Der Anteil der höheren Pflanzen an der Gesamtproduktion eines Sees ist niedrig, er liegt unter 5%. Die unmittelbare Verwertung der höheren Pflanzen des Litorals durch Schnecken, Würmer, verschiedene Insektenlarven u. a. ist gering. Der größte Teil dieser Produktion unterliegt dem Abbau durch Bakterien und wird über Detritus in Schlamm umgewandelt, der als Ablagerung in der Tiefe für die *Chironomiden*, *Tubificiden*, *Mollusken* und herbivore Insektenlarven eine große Rolle spielt. Die höheren Pflanzen sind Anfangsglied einer benthischen Nahrungskette.

Benthische¹ Nahrungskette:



Die große Mannigfaltigkeit der zur Verfügung stehenden Nahrung im Litoral hat eine Anzahl unterschiedlicher Anpassungen beim Nahrungserwerb zur Folge, wie die exemplarische Aufstellung zeigt.

Art der Nahrung	Nahrungsverwerter
gelöste organische Stoffe	Bakterien, Flagellaten, Ciliaten
Detritus und Schlamm	Tubificiden, Mollusken
Planktondetritus	Zuckmückenlarven
Blätter	Köcherfliegenlarven, Kolbenwasserkäfer
Aufwuchs	Schnecken
Schwabstoffe	Mollusken, Insektenlarven (Filterierer)
Plankton	Jungfische
Schwabstoffe	Ciliaten (Strudler)

5.2 Die Rolle der Bakterien im See

5.2.1 Die Tätigkeit der Wasserbakterien

Die physikalisch-chemische Schichtung eines Sees in Epi- und Hypolimnion mit der dazwischen liegenden Sprungschicht bewirkt, daß es in der oberen durchlichteten Zone zu einer Massenproduktion organischer Stoffe kommt. Bedingt durch Autolyse und Exkretion sinken diese Stoffe zu Boden. Für Bakterien sind sie eine willkommene Nahrungsquelle, diese bilden daher in ihren Populationen hier ein Maximum. Bereits während des Niedersinkens wird das Plankton weitgehend abgebaut. Das Hypolimnion ist sauerstofffrei und reichert sich vom Boden her mit Schwefelwasserstoff an. Die geringe Lichtmenge, die das planktonreiche Epilimnion durchdringt, reicht hier für Massenentwicklungen von Schwefelbakterien aus.

Der autotrophen Synthese durch das Phytoplankton entspricht immer ein heterotropher bakterieller Abbau. Wenn beide Vorgänge im Gleichgewicht sind, liegt ein natürlicher biochemischer Kreislauf vor und es kommt zu **vollständiger Mineralisierung**. Da das im eutrophen See aber niemals der Fall ist, vielmehr die Produktion die Destruktion

¹ benthisch = bodenbewohnend

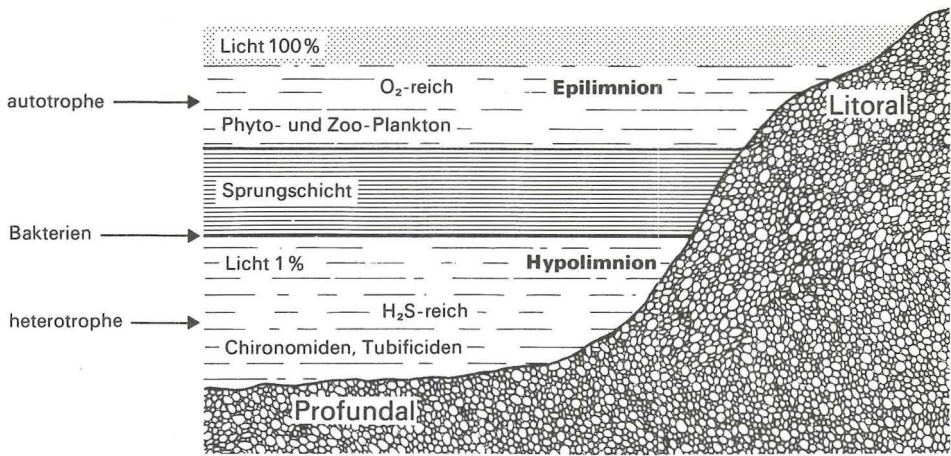


Abb. 39: Zonierung eines limnischen Ökosystems (eutropher See)

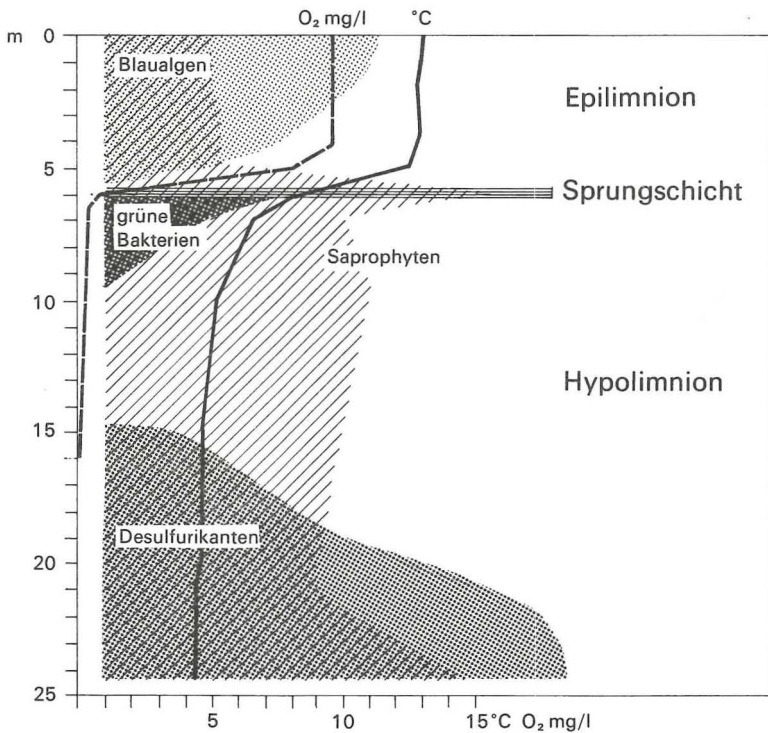


Abb. 40: Schichtenaufbau eines Sees. Im Epilimnion, oberhalb der Sprungschicht, die bei 6 m liegt, ist eine Blaualgenpopulation vorhanden. Direkt unter ihr befinden sich grüne Bakterien, während Tiefenproben ab 15 m zur gleichen Zeit nur Desulfurikanten (anaerob, chemotroph) zeigten. Im Hypolimnion ist es infolge der Zersetzungsprozesse zu H₂S-Bildung gekommen, Sauerstoff ist völlig verbraucht. Bei den Saprophyten handelt es sich um Ubiquisten unsicherer oder unbekannter Stellung im System.

übersteigt, entstehen am Boden dieser Gewässer immer größere Schlammmassen, die zur Verlandung führen.

Am Beispiel des 25 m tiefen «Plußsees» hat OVERBECK die Gleichzeitigkeit der Entwicklung von Phytoplankton und Bakterien im Gewässerstoffwechsel nachgewiesen.

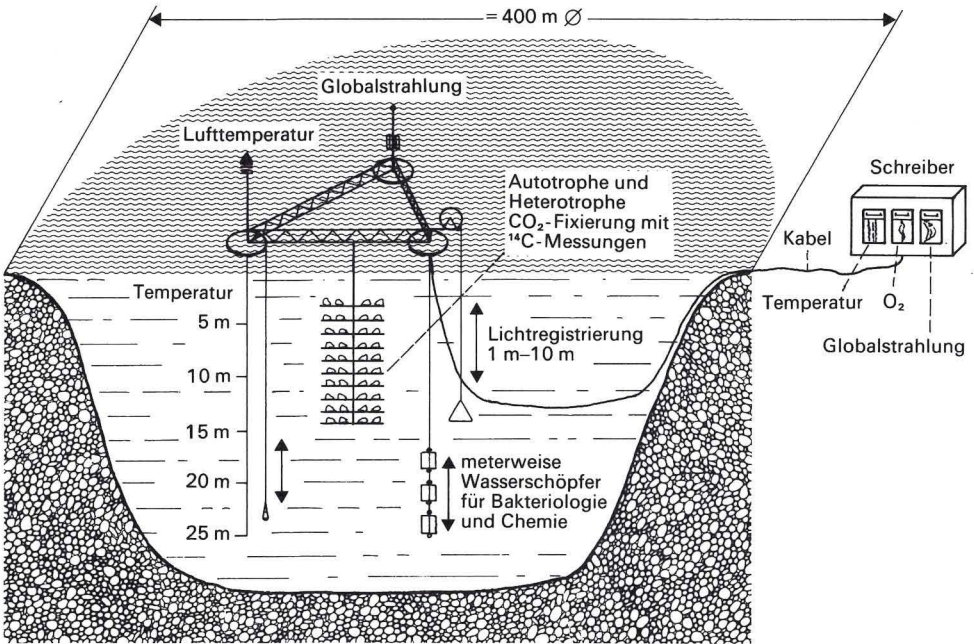


Abb. 41: Meßstation im Plußsee (Ostholstein), nach OVERBECK

In Abb. 41 sehen wir eine moderne Meßstation. In der Mitte des Sees ist die Meßinsel verankert. Die hier gemessenen Werte für Temperatur, Licht und Sauerstoff werden von automatischen Schreibern im Feldlabor am Ufer registriert. Mittels Reihenwasserschöpfer werden die Proben für die chemischen und bakteriologischen Untersuchungen entnommen. Bei dem Plußsee handelt es sich um einen sog. *Oscillatorisee*. So konnte man denn auch nachweisen, daß die Maxima der *Oscillatoria* in 5 m Wassertiefe dem Maximum der Saprophyten entsprachen.

Die Verteilung der Bakterien in einem Gewässer ist nie gleichmäßig. Vor allem ist sie abhängig von der Verteilung des Planktons, dieses wieder von der Turbulenz des Wassers, Strömung, Temperatur, Licht und chemischen Faktoren. Da es sich bei limnologischen Untersuchungen immer um komplexe Vorgänge handelt, sind Freilandexperimente neben denen im Labor für die biochemische Ökologie von großer Bedeutung.

Die natürliche Selbstreinigung der Gewässer durch Stoffwechselfvorgänge ist ein Faktor zur Erhaltung unseres Lebensraumes (s. Kap. 7.2). Die Rolle der Bakterien ist hierbei von grundlegender Bedeutung.

Schülerübung zur biologischen Selbstreinigung des Wassers

Wir füllen in ein 200-ml-Glas Leitungswasser und fügen 1 Tropfen Milch dazu, schütteln gut um und beobachten.

Welche Ursache hat die Trübung des Wassers?

Nach 2 bis 3 Tagen ist das Wasser wieder klar. Nun setzen wir einen weiteren Tropfen Milch zu und stellen den Zeitraum bis zur erneuten Klärung fest. Diesen Vorgang der Trübung und Klärung wiederholen wir einige Wochen hindurch und stellen tabellarisch die Zeiträume, die zur Klärung benötigt werden, zusammen.

Beobachte die innere Gefäßwand und untersuche den Belag und im Wasser schwimmende weißlich graue Flocken auf Bakterien.

Welche Stoffe standen den Bakterien als Nahrung zur Verfügung?

In einem Parallelversuch fügen wir mehrere Tropfen Milch dem Leitungswasser zu.

Beobachte: Welcher Geruch ist festzustellen?

Erkläre die Selbstreinigung und polysaprobe Verhältnisse.

Stelle ursächliche Zusammenhänge fest.

5.2.2 System der Bakterien

Die Systematik der Bakterien ist kompliziert und nicht einheitlich. Zur ersten Orientierung sind im Folgenden die Bakterien nach physiologischen Gesichtspunkten geordnet. Als Parameter der Benennung wurden die Art der Energiequelle, der H-Donator (Elektronendonator) und die C-Quelle für den Aufbau des Zellkohlenstoffs herangezogen.

<u>Energiequelle</u>		<u>H-Donator</u>		<u>C-Quelle</u>	
phototroph:	Licht	lithotroph:	anorganische Verbindung	autotroph:	CO ₂ -Fixierung
chemotroph:	Oxid.-Red.-Prozesse	organotroph:	organische Verbindung	heterotroph:	organische Verbindung

Nach diesem System lassen sich die Lebensweise und das mögliche Vorkommen der Bakterien schon gut beschreiben. Es ist z.B. leicht einzusehen, daß phototrophe Organismen nur dort lebensfähig sind, wo sie genügend Licht zur Durchführung der Photosynthese erreicht. Ebenso ist zu erwarten, daß sich in einem Gewässer, das große Mengen an organischen Verbindungen enthält, viele organotrophe Mikroorganismen finden lassen.

Wasserbakterien

Alle im Wasser lebenden Pflanzen und Tiere unterliegen nach dem Tod der Autolyse. Unter Versuchsbedingungen war Zooplankton, das zu 80% aus *Phyllopoden* und

Copepoden bestand, innerhalb von 24 Stunden durch Autolyse bis zu 46 % abgebaut. Bei *Diatomeen*plankton hat man im gleichen Zeitraum nur 15 % errechnet.

An die Autolyse schließt sich der Abbau der organischen Substanz durch die Wasserbakterien an. Er erfolgt während des Absinkens und später auf dem Grund des Gewässers. An der Umwandlung der organischen Materie in anorganische Verbindungen (**Mineralisation**) sind ganz verschiedene Gruppen von Mikroorganismen beteiligt. Die von einigen ausgeschiedenen anorganischen Verbindungen wie Nitrat, Sulfat u. a. dienen weiteren Bakterien als Substrate zur Energiegewinnung, bis ein vollständiger Abbau stattgefunden hat. Anhand der o. a. Tabelle lassen sich die im Wasser vorkommenden Bakterien in drei große Gruppen einteilen: photolithoautotrophe, chemolithoautotrophe und chemoorganoheterotrophe.

1. Photolithoautotrophe Bakterien

Wie schon der Name sagt, benutzen alle Bakterien dieser Gruppe Licht als Energiequelle. Das bedeutet, daß sie während der bakteriellen Photosynthese Elektronen gewinnen können, die sie unter Energiegewinnung auf H-Akzeptoren (Elektronenakzeptoren) übertragen können. Der Unterschied zu den grünen Pflanzen besteht darin, daß diese als H-Donatoren (Elektronendonatoren) Wasser, die Bakterien jedoch stärker reduzierte Verbindungen wie H₂S verwenden müssen.

	aerob: + anaerob: -	H-Donator (Elektronen- donator)	H-Akzeptor (Elektronen- akzeptor)	C-Quelle
a) schwefelhaltige Purpurbakterien (<i>Rhodospirillaceae</i>)	-	org. Verb.	CO ₂	CO ₂ -Fixierung
b) Schwefelpurpurbakterien (<i>Chromatiaceae</i>)	-	H ₂ S, S	CO ₂	CO ₂ -Fixierung
c) grüne Schwefelbakterien (<i>Chlorobiaceae</i>)	-	H ₂ S, S	CO ₂	CO ₂ -Fixierung

2. Chemolithoautotrophe Bakterien

Aus der Bezeichnung geht hervor, daß diese Mikroorganismen nicht Licht, sondern Oxidations-Reduktions-Prozesse zur Gewinnung von ATP und zur Fixierung von CO₂ verwenden. Aus ganz verschiedenen anorganischen Verbindungen (-litho-) werden Elektronen abgespalten und entweder auf O₂ (bei aerober Lebensweise) oder auf andere anorganische Verbindungen (bei anaerober Lebensweise) übertragen. In einem Prozeß, der der Atmungskettenphosphorylierung ähnelt, wird dabei ATP gewonnen.

	aerob: + anaerob: -	H-Donator (Elektronen- donator)	H-Akzeptor (Elektronen- akzeptor)	C-Quelle
a) Nitrifizierer bzw. Nitrifikanten (z. B. <i>Nitrosomonas</i> , <i>Nitrobacter</i>)	+	NH ₄ OH, NO ₂ ⁻	O ₂	CO ₂ -Fixierung
b) Sulfurikanten (z. B. <i>Beggiatoa</i> , <i>Thiobacillus</i>)	+	H ₂ S, S, S ₂ O ₃ ⁻	O ₂	CO ₂ -Fixierung
c) H ₂ -Oxidierer (Knallgasbakterien) (z. B. <i>Hydrogenomonas</i>)	+	H ₂	O ₂	CO ₂ -Fixierung
d) Methanoxidierende Bakterien (z. B. <i>Methanomonas</i>)	+	CH ₄	O ₂	CO ₂ -Fixierung
e) Eisen- und Mangan-Oxidanten (z. B. <i>Ferrobacillus</i> , <i>Thiobacillus</i>)	+	Fe ²⁺ , Mn ²⁺	O ₂	CO ₂ -Fixierung
f) Nitrat-Reduzierer (Denitrifikanten) (z. B. <i>Thiobacillus denitrificans</i> , <i>Paracoccus denitrificans</i>)	-	H ₂ , S	NO ₃ ⁻	CO ₂ -Fixierung
g) Sulfat-Reduzierer (Desulfurikanten) (z. B. einige Stämme von <i>Desulfovibrio desulfuricans</i>)	-	H ₂	SO ₄ ²⁻ , SO ₃ ²⁻ u. a.	CO ₂ -Fixierung
h) Methanbildner (z. B. <i>Methanobacterium</i> , <i>Methanococcus</i>)	-	H ₂	CO ₂	CO ₂ -Fixierung

3. Chemoorganoheterotrophe Bakterien

Da diese Bakterien heterotroph leben, können sie ihre Zellsubstanz nicht aus einfachen anorganischen Verbindungen wie CO₂ aufbauen, sondern sind auf organische Substanzen als Kohlenstoffquelle angewiesen. Zu dieser Gruppe gehören die weitaus meisten

	aerob: + anaerob: -	H-Donator (Elektronen- donator)	H-Akzeptor (Elektronen- akzeptor)	C-Quelle
a) Kohlenstoffverwerter (z. B. <i>Pseudomonas</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Mycobacterium</i> , <i>Achromobacter</i> , <i>Cytophaga</i> , <i>Flavobacterium</i> u. v. a.)	+	fast alle natürlich vor- kommenden organischen Verbindungen	O ₂	organische Verbindungen
b) Kohlenstoffverwerter (z. B. <i>P. fluorescens</i> , <i>P. aeruginosa</i>)	-	organische Verbindungen	NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ SO ₄ ²⁻	organische Verbindungen
c) Nitrat-Reduzierer				
1. Nitratammonifikanten (z. B. <i>Bacillus</i> , <i>Aerobacter</i> , <i>E. coli</i>)	-	organische Verbindungen	NO ₃ ⁻	organische Verbindungen
2. Denitrifikanten (z. B. <i>Micrococcus denitrificans</i>)	-	organische Verbindungen	NO ₃ ⁻	organische Verbindungen
d) Sulfat-Reduzierer (Desulfurikanten) (z. B. <i>Desulfovibrio</i> , <i>Desulfotomaculum</i>)	-	organische Säuren, Alkohole	SO ₄ ²⁻	organische Verbindungen

Mikroorganismen und auch die Tiere. Wie die chemolithotrophen Bakterien gewinnen sie ihre Energie durch Oxidation-Reduktions-Prozesse. Die H-Donatoren (Elektronendonatoren) sind hier aber keine anorganischen, sondern ebenfalls organische Verbindungen (-organo-). Diese Bakterien sind also die eigentlichen Zersetzer organischen Materials.

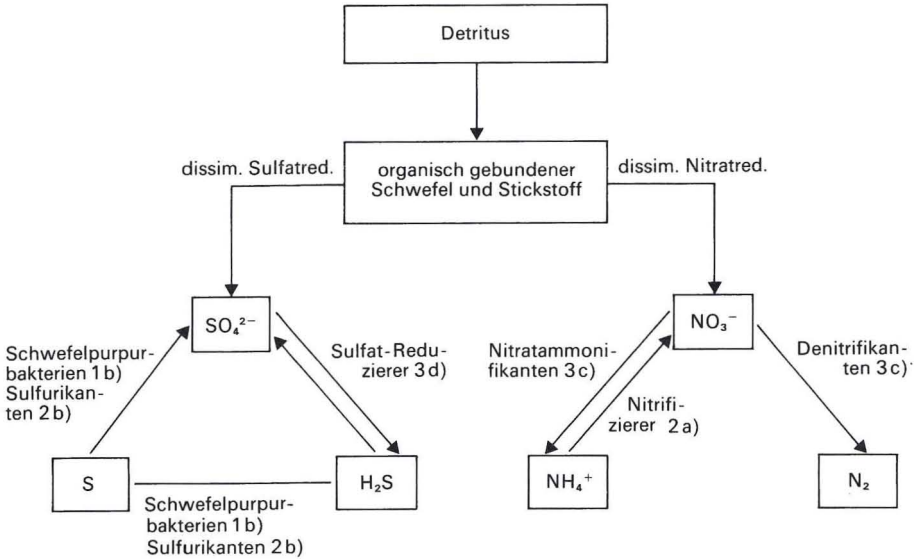


Abb. 42: Vereinfachtes Schema für Stoffkreisläufe von Schwefel-, und Stickstoffverbindungen

5.2.3 Heterotrophe Bakterien

Das absterbende Plankton unterliegt zunächst der Autolyse, einem langsam ablaufenden Prozeß, der einen Teil der organischen Stoffe wieder in den Kreislauf eingibt.

Die absinkenden, abgestorbenen Planktonformen unterliegen z. T. der Zersetzung durch heterotrophe Bakterienstämme und schließen damit wieder den Stoffkreislauf, da nun auch ein großer Teil der anfangs in Lösung vorhandenen anorganischen Stoffe wieder zur Verfügung steht. Der restliche Teil aber reichert das Tiefenwasser an und wird erst bei der Vollzirkulation des Gewässers in die oberen Schichten des Epilimnions transportiert.

Bei den im Wasser gelösten Stoffen handelt es sich (neben organischen Stoffen) hauptsächlich um Phosphate, Sulfate, Nitrite und Nitrate, die von Bakterien direkt in ihre Körpersubstanz aufgenommen werden. Die maximale Aufnahmegeschwindigkeit der gelösten organischen Stoffe wird durch das Angebot geregelt und läuft der phototropen Primärproduktion parallel.

Die so entstehende Bakterien-Masse macht einen erheblichen Teil der Gesamtgewässer-Biomasse aus. Die Bedeutung der heterotrophen Bakterien für den Stoffwechsel in der Nahrungskette erhöht sich durch die Verdopplungsrate, die sehr kurz sein kann (bis zu

einer Stunde). Für den «heterotrophen Teil» des limnischen Ökosystems sind die **Bakterien Primärproduzenten**. Ein Teil dieser Produktion dient vor allem *Ciliaten* als Nahrung.

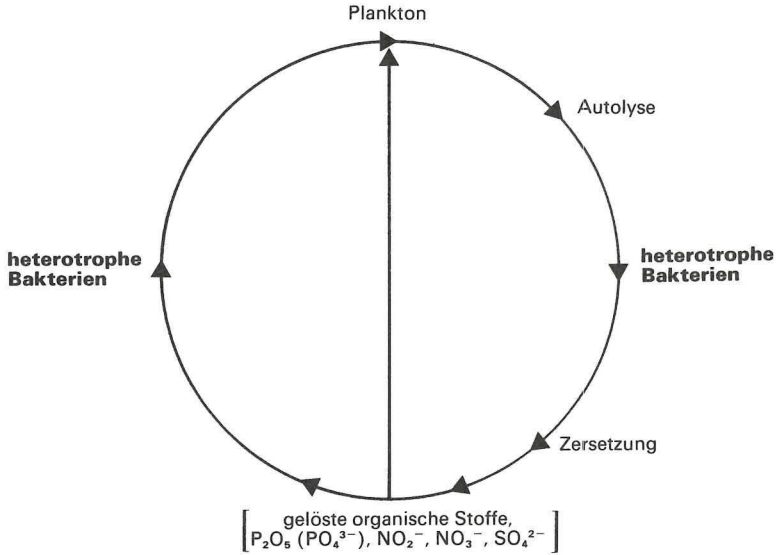


Abb. 43: Die Rolle der heterotrophen Bakterien im Seestoffwechsel

Bei den heterotrophen Bakterien wurde festgestellt, daß sie in ihren Gruppierungen ungleichmäßig im Gewässer verteilt sind. So, wie die phototrophen Purpurbakterien und die grünen Bakterien an Wasserschichten mit ausreichenden Lichtwerten gebunden sind, ist das Vorkommen heterotropher Bakterien von Planktonpopulationen abhängig, die sich in ständiger Ortsverlagerung befinden. Dadurch kommt es in einer Art Abteilmilbildung zu abgeschlossenen Populationen (**Kompartimentierung**). Die Tatsache, daß verschiedene Populationen im gleichen Raum Verträglichkeit zeigen, bezeichnet man als **Kompatibilität**.

Die Vorgänge in stehenden Gewässern sind sehr komplizierter Natur und unsere Erkenntnisse darüber stehen noch sehr im Anfang.

6 Fließgewässer

Einteilung der Fließgewässer

1. **Größe und Wasserführung:** Bach, Fluß, Strom
2. **Fischereiliche Gesichtspunkte:** Region der Forellen, der Äschen (der Salmoniden), der Barben, der Brachsen (Bleie)
3. **Limnologische Gesichtspunkte:** Quellregion, Bergbach, Mittelgebirgsbach, Niederungsbach

6.1 Biotop und Anpassungserscheinungen

Bei den Quellen, aus denen z. B. ein Bergbach entsteht, unterscheidet man Sturz- und Sumpfquellen, zwei sehr unterschiedliche Biotope mit eigener Besiedlung. Der Oberlauf des Bergbaches ist ein sehr unruhiger Lebensraum, durch große Steinbrocken bilden sich Wirbel und Strudel und der Strömungsverlauf ist unregelmäßig.

Im Mittellauf fließt das Wasser ruhiger, die Erosion führt hier zur Vertiefung des Bachbettes.

Mäanderbildung, die für den Unterlauf charakteristisch ist, wird durch Kräfte, die bei der Erdumdrehung auf die langsam dahingleitende Wassermasse einwirken, hervorgerufen. Sie führt zur Ausbildung von Prall- und Gleithängen und damit verbunden zur Entstehung verhältnismäßig tiefer Kolke. Bäche münden in der Regel in einen Fluß.

Die **Strömung** ist der Milieufaktor, dem sich die Lebensgemeinschaft der Fließgewässer angepaßt hat. Die Strömungsgeschwindigkeit ist abhängig vom Gefälle. Während sie im Bachoberlauf bis zu 120 cm/sek. betragen kann, sinkt sie im Niederungsbach bis auf 0,4 cm/sek. ab.

Wir messen das Gefälle, indem wir z. B. eine Bachstrecke festlegen und die Höhenunterschiede zwischen den Enden dieser Strecke (Theodolith) feststellen und dann das Ergebnis auf 100 m Bachstrecke beziehen. Im Bach können wir mit einem Gefälle von 3% oder mehr rechnen.

Im Oberlauf ist die Strömungsgeschwindigkeit so groß, daß in der Mitte des Bachbettes nur faustgroße oder größere Gerölle den Untergrund bilden. Durch Reibung wird sie stark abgebremst, wodurch sich über dem Boden und entlang der seitlichen Begrenzung eine Grenzschicht bildet. Einen Millimeter über dem Untergrund wird sie gleich Null und hinter größeren Steinen bilden sich Stillwasserbezirke.

Die Amplitude der Wasserführung im Bergbach schwankt zwischen 3 und 100 l/sek. Bei Hochwasser kann sie allerdings das 5- bis 30-fache betragen. Ständige Veränderungen und Verlagerungen des Bachbettes im Oberlauf sind daher die Regel. Hochwasserauswirkungen reichen bis in das Gebiet des Niederungsbaches. Hier kommt es zu Uferabbrüchen und zu Verlagerungen der Sand- und Schlammränke.

Fließgewässer zeichnen sich durch **hohen O₂-Gehalt** und **niedere Temperaturen** aus.

Der Sauerstoffgehalt ist immer ausreichend. Bei 0°C beträgt er 9,7 mg/l und bei 25°C

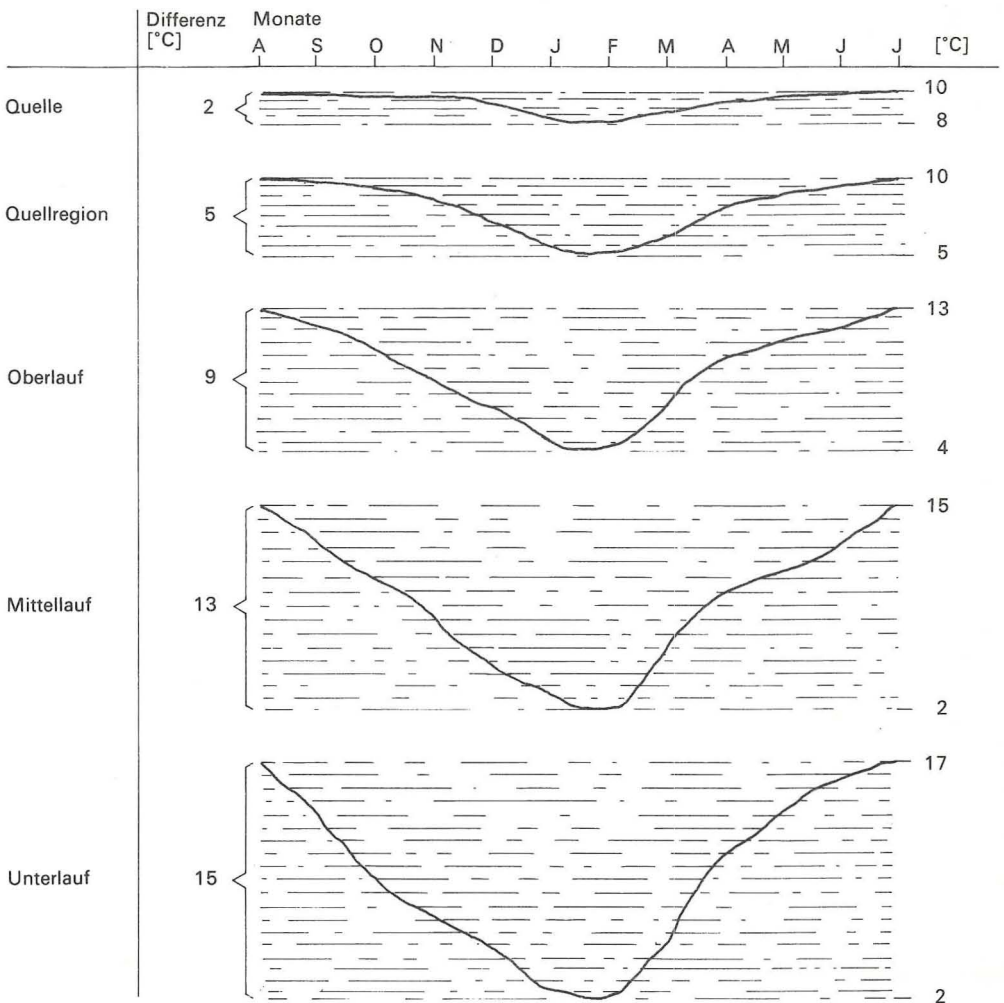


Abb.44: Jährlicher Temperaturverlauf in den verschiedenen Bachregionen (verändert nach ILLIES 1952). Niedere Temperaturen (Jahresmittel 9°C) und kleine Temperaturdifferenzen (2°C) in der Quellregion, ansteigende Sommertemperaturen (17°C) bachabwärts und zunehmende Amplituden charakterisieren die thermischen Verhältnisse

noch 5,76 mg/l. Bei Bachverschmutzungen kommt es häufig zu Sauerstoffschwund und damit zu Fischsterben.

Für die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft des Bergbaches spielt der **Kalk** eine große Rolle. 10 mg CaCO₃/l ist der Mittelwert für Bäche im Urgestein, während in Kalksteingebirgen mehr als 40 mg CaCO₃/l (Aussinterung) auftreten.

Die Einwirkungen des **Lichts** sind unbedeutend und wirken sich auf die Biozönosen nur bei Beschattung aus, wie sie z. B. bei Waldbächen im Gegensatz zu Wiesenbächen vorkommt.

Schülerübungen

1. Driftmethode zur Untersuchung der Strömungsgeschwindigkeit.

Für einen bestimmten Abschnitt des zu untersuchenden Fließgewässers stellen wir zunächst fest, aus welchen Bestandteilen der Untergrund zusammengesetzt ist. Die Strömungsgeschwindigkeiten werden in cm/sek. ausgedrückt, das ist also die Strecke, die ein bestimmter Teil des Wasserkörpers der Oberfläche in einer Sekunde zurücklegt. Verdeutlicht wird die Strömungsgeschwindigkeit, wenn man einen schwimmbaren Körper, z. B. einen Korken, im Bach schwimmen läßt. Mit einem Bandmaß legen wir eine bestimmte Strecke am Bachufer fest und messen mit einer Stoppuhr die Zeit, die der Schwimmkörper für diese Strecke benötigt. Das Ergebnis rechnen wir auf die Beziehung cm/sek. um.

2. Bestimmung des Kalkgehaltes

Stelle nach Studium geologischer Karten fest, welche Erdschichten vom Untersuchungsgewässer angeschnitten werden. Unterscheide vor allem zwischen Urgebirge, Sandsteingebirge und kalkreichem Gebirge. Kalkbestimmung nach S.47. Stelle zwischen Kalkgehalt und Zusammensetzung der Fauna (vor allem bei *Mollusken*) Beziehungen her. Die Flußperlmuschel *Margaritifera margaritifera* kommt z. B. nur in klaren, kalkarmen Bächen der Urgebirge und in Sandsteinformationen als Seltenheit vor.

3. Untersuchung der Bodenzusammensetzung im Bachbett.

Zur Probenentnahme benutzen wir eine Dredge oder als Behelf ein anderes geeignetes Gerät (Eimer, Büchse oder ähnliches). Die Aussortierung der Gerölle erfolgt von Hand. Für Kies, Sand und Schlamm benutzen wir Drahtsiebe verschiedener Maschenweite.

Den Anteil der einzelnen Sortierungen kann man gewichtsmäßig erfassen.

Bodenablagerungen im Bachbett:

Bei Geschwindigkeiten bis 120 cm/sek. Gerölle
Bei Geschwindigkeiten bis 35 cm/sek. Kiesel
Bei Geschwindigkeiten bis 20 cm/sek. Sand
Bei Geschwindigkeiten bis 12 cm/sek. Schlamm

Tab. 21: Einteilung der Sedimente

Felsbrocken und Geröll	über 63 mm Größe
Kies	63–2 mm
Grobkies	63–20 mm
Mittelkies	20–6,3 mm
Feinkies	6,3–2 mm
Sand	2–0,06 mm
Grobsand	0,2–0,63 mm
Mittelsand	0,6–0,2 mm
Feinsand	0,2–0,06 mm
Schlamm	unter 0,06 mm

4. Einfluß der Strömungsgeschwindigkeit auf Schalengröße und Verhältnis von Schalenhöhe zu Strömungsgeschwindigkeit bei *Ancylus fluviatilis*.

Wir suchen an einem Fließgewässer zwei Biotop aus, einen mit starker und den anderen mit möglichst geringer Strömung. In beiden Biotopen sammeln wir eine größere Menge ausgewachsener Exemplare der Mützenschnecke. An den Schalen messen wir Mündungslänge und -breite und die Schalenhöhe (Millimeterpapier, Schublehre oder Zirkel). Ferner errechnen wir das Verhältnis von Höhe zur Breite und Höhe zur Mündungsöffnung. Die Ergebnisse werden tabellarisch zusammengestellt. Kurven zeichnen.

Welche Beziehungen bestehen zwischen Anheftungsfläche, Schalenhöhe und Strömungsgeschwindigkeit bei *Ancylus fluviatilis*?

Bei dieser Untersuchung handelt es sich um die biometrische Methode. Man kann sie zur Erarbeitung ökologischer Erkenntnisse bei Tierarten anwenden, die ein äußeres Skelett haben wie Muscheln, Schnecken und Krebse. Häufig wird sie auch zur Artdiagnose benutzt.

Auf gleiche Weise kann man auch den Einfluß der Strömungsgeschwindigkeit auf die Größe von Gammariden aus Ober- und Unterlauf eines Baches untersuchen (auch Gewichtsunterschiede der Trockensubstanz feststellen).

5. Sammle Eintagsfliegenlarven aus den verschiedenen Bachabschnitten unterschiedlicher Strömungsgeschwindigkeiten und vergleiche die Körperhöhen.

Zeichne einige charakteristische Exemplare.

6.2 Flora und Fauna der Fließgewässer

Flora

Nur in Bachabschnitten mit geringerer Wasserbewegung bilden sich größere Bestände von *Ranunculus fluitans* (Flutender Hahnenfuß) und *Elodea canadensis* (Kanadische Wasserpest). Hier tritt auch das Moos *Fontinalis* und die Grünalge *Cladophora vaucheria* auf. Die Substrate sind von Kieselalgen besiedelt und dienen den Weidegängern zur Nahrung.

Fauna

Chironomiden und andere *Dipteren*, Köcherfliegen, Steinfliegen, Eintagsfliegen und Wasserkäfer gehören zum Faunenbild des Bergbaches. Die *Chironomiden* kommen im Bergbach in geringer Individuen- aber großer Artenzahl vor. Ihre Bestimmung erfordert Züchtung im Laboratorium.

Der Mittellauf der Bäche bietet den Forellen mit ihren Begleitern Mühlkoppe, Bachneunauge, Schmerle, Elritze und Aesche vor allem Köcherfliegenlarven als reichliche Nahrung. Echtes Plankton kann sich nur in Kolken entwickeln.

Von den *Cyclopiden* leben *Eucyclops serrulatus* und *Paracyclops fimbriatus* benthisch. Eintagsfliegenlarven, Käferlarven, Köcherfliegenlarven, Larven von *Dipteren* und *Plecopteren* (Steinfliegen), Flohkrebse, Schnecken und Würmer besiedeln ebenfalls die Bodenregion. Im Benthos häufig ist die Schlammfliege *Sialis* (5–10 Tiere pro qm). Die mikroskopische Lebewelt können wir aus Moospolstern gewinnen. Hier finden wir neben *Aufwuchsdiatomeen* vor allem *Rotatorien* und zahlreiche *Ciliaten*. Auf der Oberfläche lenitischer Bezirke leben die Wasserläufer *Gerris* und *Velia* und der Taumelkäfer *Gyrinus*.

Bei den Planarien ist deutlich eine ökologische Zonierung festzustellen. Kaltstenothem ist *Planaria alpina* und damit auf die oberen Bachabschnitte beschränkt. Die eurythermen Formen der Strudelwürmer *Polycelis cornuta* und *Planaria gonocephala* kommen nur im Mittel- und Unterlauf vor. Der Egel *Herpobdella octoculata* tritt vereinzelt im Bachlauf auf.

Charakteristisch für Bäche ist die Mützenschnecke *Ancylus fluviatilis*. Als Eiszeitrelikt lebt in der Quellregion die nur 2 mm große Schnecke *Bythinella dunckeri*. Die Schlamm-schnecken *Radix peregra* und *Galba truncatula* sowie die Muscheln *Pisidium cinereum* und *Unio crassus* sind regelmäßige Bachbewohner. Von den Crustaceen sind neben dem Flohkrebs (*Gammarus pulex*), *Bryocamptus schokkei* und *Paracyclops fimbriatus* die Muschelkrebse *Potamocypis thienemanni* und *Candona candida* vertreten. Die schwer bestimmbareren Wassermilben seien nur mit *Hygrobatas* erwähnt.

Die **biozönotische Struktur** des Bergbaches ist bedingt durch die **Nahrungsbeziehungen** und das Feind-Beute-Verhältnis.

Im Stoffhaushalt des Baches sind Kiesel- und Grünalgen die Produzenten, auch als Detritus dienen sie den Konsumenten wie z. B. den Eintagsfliegen *Ecdyonurus* und *Baëtis*, der Kriebelmücke *Simulium* und den *Chironomiden*larven zur Nahrung. Bei diesen Konsumenten handelt es sich um primäre Verbraucher. Zur zweiten Konsumenten-schicht rechnen die räuberischen Larven von *Perla* (Steinfliege), *Sialis* (Schlammfliege) und die Larven von *Hydropsyche* (Köcherfliege), die sich hauptsächlich von *Baëtis* ernährt. Endglied ist schließlich Forelle und Mensch. Reduzenten im Bachlauf sind die Bakterien und Pilze. In Fließgewässern haben wir keinen geschlossenen Kreislauf der Stoffe, da sie in ihrer Stoffzufuhr ein von außen abhängiges System sind.


Zwischen den einzelnen Arten der Biozönose besteht ein Feind-Beute-Verhältnis wie z. B. zwischen *Perla* und *Baëtis* oder Forelle und Köcherfliegen.

Von jeder Tiergattung hat sich durch Nahrungskonkurrenz in der Biozönose in der Regel nur eine Art durchgesetzt. Es bleiben im Lebensraum aber immer Freiräume, die als ökologische Nischen anders angepassten Tierarten Lebensmöglichkeiten bieten. Naturgemäß handelt es sich hierbei um Momentaufnahmen. Um ein vollständiges Bild zu bekommen, muß der Zeitfaktor berücksichtigt werden. Erst damit wird der Generationenwechsel im Biotop während des Jahresablaufes erfaßt.

Ein biozönotisches Gleichgewicht liegt vor, wenn die Verlustrate der Vermehrungsrate entspricht. Da aber im Bergbach eine stetige Ausschwemmung in Richtung Meer zu beobachten ist, handelt es sich hier nicht um ein konstantes Biotop. Im Bach findet ständig eine organische Abdrift statt, die bei Fluginsekten durch Eiablage stromaufwärts gemildert wird. Bei nicht flugfähigen Tierarten wie Schnecken und Krebsen findet kein Ausgleich des strömungsbedingten Verlustes der Biomasse statt. Bei Hochwasser kann der Verlust total sein, da bestimmte Bachstrecken vollständig ausgeräumt werden. Neubesiedlung ist dann erforderlich. Im Bach kommt es daher häufig zu Veränderungen im Artenbestand und zum Aussterben von Arten.

Schülerübungen zur Untersuchung der Bergbachfauna

1. Wir sammeln aus einem Bach an einer bestimmten Stelle (Querschnitt) die dort vorhandenen Tierarten und vergleichen sie mit einem Querschnitt, der andere



Bach	Bachgrund	Nährstoffe	Produzenten Reduzenten	Konsumenten I	Konsumenten II
Quelle	Felsen	Mineralien	Kieselalgen	Baëtis	Perla
Oberlauf	Gerölle	Salze	Grünalgen	Simulium	Sialis
Mittellauf mit Mäander- bildung	Kiese Sande	Anorganische Stoffe (Ca, Mg, K, Na, P, Si) Detritus	Bakterien Grünalgen Pilze	Ecdyonurus u. a. Eiablage ↑ Kompensationsflug der Insekten	Hydropsyche Forelle u. a.
Unterlauf	Schlamm			Chironomus Tubifex	
Mündung	↓ Ausschwem- mung	↓ Ausschwem- mung	↓ Ausschwem- mung	↓ durch Abdrift	↓ durch Abdrift

Abb. 45: Offenes System des Stoffwechsels im Fließgewässer

ökologische Bedingungen bietet. Durch mehrere Aufnahmen erhalten wir so das Artengefüge der Bergbachbiozöosen.

2. Untersuche die Verbreitung der 3 Planarienarten *Planaria alpina*, *Polycelis cornuta* und *Planaria gonocephala* in einem Bergbach. Wodurch ist die in der Verbreitung feststellbare Zonierung bedingt?

Warum kann man von einer ökologischen Zonierung sprechen?

Welche der 3 *Planarien*arten ist kaltstenotherm, welche eurytherm?

3. Ermittlung der Abundanz

Wir sammeln Tiere des Benthos und verteilen sie auf folgende Gruppen:

Eintagsfliegenlarven, Köcherfliegenlarven, Käferlarven, Larven von *Dipteren* und *Plecopteren*, Schnecken, Würmer.

Die Funde sind in einer Tabelle nach der Menge zu ordnen.

Versuche die Populationsdichte zu ermitteln.

4. Wir beobachten die am Wasser fliegenden Libellen (Fernglas) und ordnen sie als Klein- und Großlibellen ein (besondere Bestimmungstabelle auf dem Arbeitsbogen, S. 130).

5. Wir ordnen gesammelte Gehäuse der Köcherfliegenlarven nach dem Baumaterial. Die Köcherfliegenlarve *Hydropsyche* ist beim Bau ihres Fangnetzes zu beobachten und zu zeichnen.

6. Wir zählen auf einer gemessenen Fläche die *Simuliiden*larven und rechnen auf 1 qm um (nach DITTMAR mehr als 15 000 Individuen).

Kurs _____ Name _____ Datum _____

Einführung:

Die Libellen eignen sich gut für limnologische Schülerübungen. Durch ihre Farbenpracht lenken sie leicht die Aufmerksamkeit auf sich und sind mit Hilfe des Fernglases in Ruhestellung gut zu unterscheiden. Die Züchtung bietet keine besonderen Schwierigkeiten. Da ihr Vorkommen an Fluß, Bach, Tümpel, See oder Moorgewässer oft streng gebunden ist, sind sie für die Erfassung ökologischer Zusammenhänge gut geeignet. Sie sind außerordentlich artenreich, daher wollen wir uns zur Einführung nur auf einige Arten beschränken, die zur Gewässercharakteristik geeignet sind.

Gewässerbeschreibung:

Lage des Gewässers: _____

Biotopbeschreibung: _____

Wetter: _____

1. Beobachte die Flügelhaltung in Ruhestellung

Waagrecht _____ (Großlibellen)

Über dem Rücken zusammengelegt _____ (Kleinlibellen)

2. Wieviel Arten können wir von jeder Gruppe unterscheiden?

3. Unterscheide die Libellen nach der Art ihres Fluges und charakterisiere diesen als schwirrend, stürmisch oder taumelnd. Ordne danach die Beobachtungen.

4. Wir unterscheiden nach den Farben

a) Kleinlibellen

Körper metallisch blau oder grün (an Fließgewässern) : *Calopteryx*

Körper metallisch grün, kupfer- oder bronzefarben (Kleingewässer) *Lestes* (Binsenjungfer)

Hinterleib rot, blau (an stehenden oder langsam fließenden Gewässern), *Agrioniden* (Schlanklibellen)

b) Großlibellen

Hinterleib rot-braun oder grün (an Gewässern mit Krebschere) *Aeschna viridis* (Grüne Mosaikjungfer)

Hinterleib blau-grün (an Kleingewässern) *Anax* (Königslibelle)

Hinterleib gelb-schwarz geringelt (an Quellen und Bächen) *Cordulegaster* (Quelljungfer)

5. Wir verteilen sich die beobachteten Arten auf

Fluß _____

Bach _____

Tümpel _____

See _____

Moorgewässer _____

andere Beobachtungsorte _____

Weitere Notizen:

7. Das Verhältnis zwischen Produzenten, Konsumenten I und Konsumenten II im Bergbach ist als Graphik darzustellen.
8. Nahrungsuntersuchungen an Konsumenten zweiten Grades
Wir präparieren aus räuberisch lebenden Insektenlarven oder Fischen den Verdauungstrakt und stellen ein Präparat zur mikroskopischen Untersuchung her.
Welche Tierarten dienen zur Nahrung?
9. Bestimmung der Dominanten
Welche Arten oder Artengruppen im untersuchten Bachabschnitt bestimmen den Energiefluß des Ökosystems (sog. Dominanten)?
10. Welche natürlichen Energie- und Nahrungsquellen bietet der Bach seinen Bewohnern und wie werden spezielle Raumgegebenheiten genutzt? Z. B. Schlammablagerungen in lenitischen¹ Biotopen, mit der Strömung zugetriebene Nahrung für Filtrierer wie *Simuliiden*. Suche andere Beispiele für Ressourcen.
11. Stelle die räumliche Verteilung der Individuen einer Population in ihrem Lebensraum zum Zeitpunkt der Untersuchung fest. Geeignet für Untersuchungen der Dispersion sind Schnecken und Würmer.
12. Beispiele für Vikarianz
In Fließgewässern lebt *Viviparus viviparus*, in stehenden Gewässern *Viviparus contectus*.
In lotischen² Biotopen lebt *Ancylus fluviatilis*, in lenitischen *Acroloxis lacustris*.
Versuche aus dem bisher gewonnenen Artenbild weitere Beispiele für Vikarianz zu finden.
Verteile die behandelten Crustaceen auf Tümpel und Seeformen.
Welche Unterschiede in Form und Farbe sind festzustellen?

¹ lenitisch = Stillwasser betreffend

² lotisch = stark bewegtes Wasser betreffend

7 Abwässer

Als Einführung in das Abwasserproblem empfiehlt sich der Besuch einer Kläranlage. Die folgenden Ausführungen sollen als Vorbereitung für diese Exkursion dienen.

Stehende Gewässer sind innerhalb ihres Einzugsgebietes Auffangbecken für Abwässer und klären als «Zwischenstation» von Natur aus Fließgewässer. Bei starker Verschmutzung der Zuflüsse kommt es aber in den stehenden Gewässern über Eutrophierung zum Absterben der Lebewesen (Gewässertod).

Fließende Gewässer dienen weitgehend dem Abtransport von Abwässern, sind kanalisiert und stark abwasserbelastet. Ihre Verschmutzung und Verödung wirkt sich auch auf stehende Gewässer aus und bringt Gefahren für die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung. Als Hilfsmaßnahmen mußten daher Kläranlagen gebaut werden. Von Kommunen und Industrieunternehmen sind zwischen 1970 und 1980 ca. 50 Milliarden DM dafür aufgewendet worden.

Bei den Stoffen, die den Kläranlagen zur Reinigung zugeführt werden, handelt es sich um absetzbare und nicht absetzbare (Schwebstoffe) und um gelöste Stoffe. Sie sind organische und anorganische Stoffe und nur zum Teil abbaubar.

Der Herkunft nach kann man häusliche, städtische und industrielle Abwässer unterscheiden. Städtische Abwässer enthalten neben häuslichen auch industrielle Abwässer und Regenwasser. Die industriellen Abwässer, die meist bei der metallverarbeitenden oder chemischen Industrie anfallen, müssen in eigenen, auf den jeweiligen besonderen Produktionszweig abgestimmten Verfahren gereinigt werden. Bei den häuslichen Abwässern handelt es sich im wesentlichen um menschliche Ausscheidungen, Spül- und Badewasser und Detergentien, die durch Verwendung phosphathaltiger Waschmittel anfallen. In der Verordnung über die Abbaubarkeit von Detergentien in Wasch- und Reinigungsmitteln vom 1.12.1962 wurde festgelegt, daß bei anionischen Detergentien eine Abbaubarkeit von 80% gewährleistet sein muß. Die EG-Richtlinien von 1973 und das Deutsche Waschmittelgesetz von 1975 schreiben eine toxische Unbedenklichkeit von Waschmitteln aller Art gegenüber Wasserorganismen vor. Abbaubare Industrieabwässer liefern z. B. Molkereien, Brauereien und Schlachthöfe.

Zur Bewertung der Abwässer benutzt man den biochemischen Sauerstoffbedarf, abgekürzt BSB_5 . Das ist die Menge an Sauerstoff, die eine bestimmte Abwassermenge bei konstanter Temperatur von 20 °C in 5 Tagen im Abbauvorgang verbraucht ($BSB_5 = X \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$). Der BSB_5 -Wert liegt bei Abwässern in der Größenordnung von 300. Bei stark verschmutzten Gewässern (Güteklasse IV) liegt er bei 80. Für praktische Übungen s. Kapitel 2.

Um die erforderliche Dimensionierung von Kläranlagen berechnen zu können, verwendet man den Einwohnergleichwert. Ein EGW entspricht dem BSB_5 , der zum Abbau der von nur einem Menschen täglich produzierten abbaufähigen Stoffe benötigt wird ($1 \text{ EGW} \cong BSB_5 \text{ von } 72$). Es handelt sich also um einen Vergleichswert.

Nach BUCKSTEEG aus SCHWOERBEL benötigen
Brauereien für 1 hl Bier 8 EGW
Hefefabriken für 1 t Hefe 6300 EGW
Kornbrennereien für 1 t Getreide 4030 EGW
Molkereien für 1000 l Milch 162 bis 21 EGW
Papierfabriken für 1 t Papier 1000 bis 180 EGW
Schlachthöfe für 1 Schwein 27 EGW
Wäschereien für 1 t Wäsche 830 EGW

Aus bekannten statistischen Vergleichen sollten hier Vergleiche zwischen Einwohnerzahlen und örtlichen Industrien angestellt werden. Ein Beispiel: In einem Schlachthof, der 100 Schweine täglich schlachtet, fällt ebensoviel Abwasser an, wie in einer Gemeinde mit 2700 Einwohnern.

7.1 Abwasserreinigung

Aus technischen Gründen müssen zur Reinigung städtische und häusliche Abwässer getrennt werden. Industrieunternehmen sind gesetzlich verpflichtet, ihre Abwässer in eigenen Anlagen vorzuklären.

Bei den **mechanischen Reinigungsverfahren** (1. Stufe) verwendet man Rechen und Siebe, Fettfänger, Filter und Absetzbecken. Je nach Kläranlage sind die Einrichtungen unterschiedlich und bei Besichtigung leicht zu erklären.

Limnologisch interessant ist die **biologische Abwasserreinigung** (2. Stufe). Der Abbau organischer Stoffe erfolgt durch Bakterien (s. Kap. 5.2). Er geschieht stufenweise.

Kohlenhydrate werden in einem komplizierten Ablauf durch Dehydrierung über CO_2 und CH_4 zu CO_2 und H_2O abgebaut.

Eiweiß wird über Ammonium, Schwefelwasserstoff und Orthophosphat zu Nitraten, Sulfaten und Phosphaten mineralisiert.

Bei den Fetten erfolgt ein aerober Abbau zu Kohlendioxid und Wasser.

Kalisalze und die bei der Kohlenveredelungsindustrie anfallenden Phenole erfordern als nicht fäulnisfähige Chemikalien zu ihrer Beseitigung große Aufwendungen. Große Schwierigkeiten bereitet auch die Beseitigung von Ölrückständen. Die Gefahr einer Ölpest, die in so hohem Maße unsere Meere gefährdet, besteht auch durch starkes Befahren mit Motorbooten und durch Fahrlässigkeiten im Umgang mit Öl für unsere Binnengewässer.

Die Verfahren bei der biologischen Abwasserreinigung sind unterteilt in

- a) die natürlichen Verfahren der Verrieselung, Verregnung, Einleitung in Abwasser- und Fischteiche und
- b) die technischen Verfahren Tropfkörper- und Belebtschlammverfahren.

Bei der biologischen Abwasserreinigung spielen Mikroorganismen eine große Rolle. Um ihre gute Entwicklung zu fördern, belüftet man und stellt damit genügend O_2 für die Abbauprozesse zur Verfügung. Die substratspezifischen Bakteriengesellschaften stellen sich von selbst ein. Zu ihrem Gedeihen gehört auch eine Einstellung auf pH-Werte zwischen 5–9 und auf optimale Temperaturen. Die pH-Werteinstellung geschieht in einem vorgezogenen «chemischen Reinigungsschritt».

Da das gereinigte Wasser mit Nährstoffen – besonders mit Phosphaten – stark angereich-

ert ist, käme es bei Rückleitung in den Vorfluter (Bach, See) zu einer unerwünschten Eutrophierung. Man unterzieht es daher zuvor einer 3. Reinigungsstufe mit einem **chemischen Fällungsverfahren**, in dem vor allem Phosphate bis zu 90% ausgefällt werden.

7.2 Die biologische Selbstreinigung

Die Einteilung der Gewässer in oligotrophe, eutrophe und dystrophe wurde bereits besprochen. Der *Saprobie*¹ nach unterscheidet man 4 Güteklassen

Tab. 22: Einteilung der Gewässer

Güte-klasse	Saprobie	Trophie	Leitformen
I	oligosaprob	oligotroph	Jochalgen ansteigend, Diatomeen zurücktretend, Gelb-Grünalgen
II	β -mesosaprob		Diatomeen, Grün- und Blaualgen,
III	α -mesosaprob	eutroph	Ciliaten und Blaualgen
IV	polysaprob	polytroph	Bakterien und Ciliaten

In stark verschmutzten Gewässern stehen also Bakterien und Ciliaten mengenmäßig an erster Stelle. Im α -mesosaprobem Bereich sind die Ciliaten auch noch sehr reichlich neben Blaualgen vertreten. In der Güteklasse II fällt dann der Artenreichtum der Diatomeen auf. In sauberen, oligotrophen Seen treten sie zurück und Jochalgen finden hier neben Gelb-Grünalgen günstige Lebensbedingungen.

Die Selbstreinigung eines Gewässers erfolgt zunächst immer durch Bakterien und Wimpertiere. In stark verschmutzten Gewässern stehen sie an erster Stelle.

In unsern Oberflächengewässern haben sich typische Lebensgemeinschaften herausgebildet. Man benutzt sie zur Gewässercharakterisierung und hat bestimmte Leitarten herausgestellt. Um den Verschmutzungsgrad eines Gewässers zu erkennen, darf man sich nie auf eine dieser Arten beschränken, sondern muß das Beziehungsgefüge in den Biozönosen berücksichtigen. Die für die Beurteilung wichtigste Gruppe sind die Protozoen, deren Benutzung aber eine gute Artenkenntnis voraussetzt.

7.3 Artenfehlbetrag

Die in einem Gewässer nicht vorkommenden Arten, die nach ihrer geographischen Verbreitung aber zu erwarten gewesen wären, sagen oft mehr für die Charakteristik des Gewässers aus, als aus der Artenliste hervorgeht. Man benutzt daher den Artenfehlbetrag oft zur Beurteilung der Gewässergüte.

¹ Saprobie = Fäulniszustand gemäß der Bioaktivität heterotropher Mikroorganismen

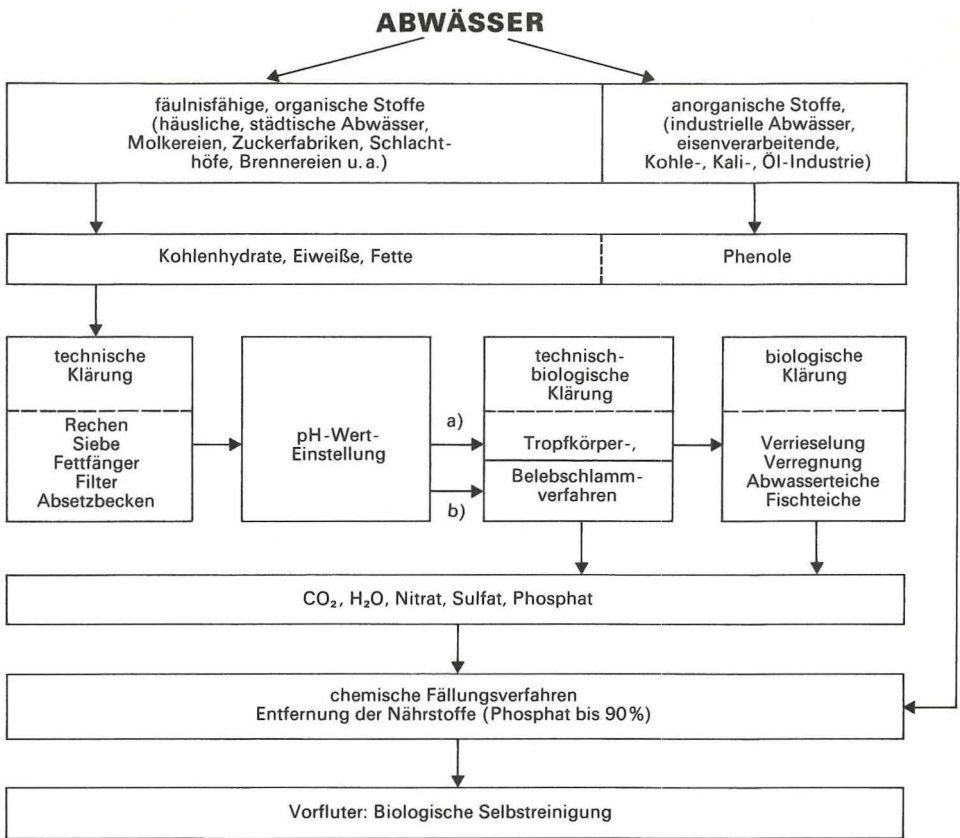


Abb. 46: Schema der Abwasserbeseitigung in einer Kläranlage

8 Didaktik und Methodik der Gewässeruntersuchung in Arbeitsgemeinschaften

1. Das Kurssystem

Die Arbeitsanleitung zur Untersuchung limnischer Systeme ist in erster Linie für die Sekundarstufe II gedacht.

Für den Grundkurs bietet das Buch einige abgeschlossene Themen an, in denen Lernziele und Lehrinhalte aus dem Gebiet der Limnologie herausgestellt werden, die in einem Kurshalbjahr abgeschlossen werden können. Neben den Sachinformationen ist es Ziel dieses Grundkurses, Interesse für weitergehende vertiefte Arbeiten auf dem Gebiet der Gewässerökologie zu wecken. Es soll hier keine Spezialisierung erfolgen, vielmehr dient der Grundkurs vor allem der Orientierung. Exemplarisches Arbeiten läßt sich so nicht vermeiden, wichtiger aber ist es, die fächerübergreifenden Aspekte limnologischer Arbeitsweisen herauszustellen. Man kann im Grundkurs allgemeinbiologische Gesetzmäßigkeiten und Grundstrukturen des Themenkreises erarbeiten.

Auswahlthemen für den Grundkurs:

1. Exkursion Tümpel (Kap. 2 und 3)
 - a) Gewässerbeschreibung, Untersuchung der abiotischen Faktoren (Temperaturmessung, pH-Wert – Bestimmung mit Teststäbchen, Erfassung von Geruch und Eigenfarbe)
 - b) Bestimmungsübungen zu Pflanzengesellschaften und Makrofauna
 - c) Beobachtungen zur Fortbewegung von Insekten in und auf dem Wasser
 - d) Versuche zur Filtriertätigkeit und Atmung von Muscheln
 - e) Beobachtung der Bildung einer Luftglocke bei der Wasserspinne
 - f) Verhaltensbeobachtungen an Groß- und Kleinlibellen im Freiland
2. Stoffkreislauf eines Tümpels (s. Abb. 1, Kap. 1)
Erarbeitung der Begriffe Biotop, Biozönose, Ökosystem
3. Exkursion See (Kap. 4)
 - a) Erklärungen zur Zonierung, Verlandung und Trophie
 - b) Untersuchungen im Bereich des Litorals
4. Exkursion Fließgewässer (Kap. 6)
 - a) Einteilung des Baches in verschiedene Abschnitte, Hinweis auf Bedeutung der Mäandrierung und auf Erosionserscheinungen
 - b) Untersuchung der abiotischen Faktoren Strömung, Bachgrund und Bodenzusammensetzung
 - c) Untersuchungen zu Anpassungserscheinungen bei *Ancylus* und Insektenlarven

Vorstehende Themen sollten mit allen Teilnehmern erarbeitet werden, daher ist eine Gruppenbildung nicht anzuraten. Eine Auswahl dieser Themen können auch als Vorkurs für die Klassen 10 der Real- und Hauptschule durchgeführt werden.

Im 4- bis 5-stündigen Rahmen der halbjährigen Leistungskurse können wahlweise die in dem Buch vorgestellten theoretisch-wissenschaftlichen Ergebnisse der Limnologie praktisch erarbeitet werden. Allgemein ökologische Erkenntnisse, die auch für die terrestrische Ökologie gelten, und vor allem die fächerübergreifende Arbeitsweise der Limnologie lassen dieses Fachgebiet für die Eingliederung in den Leistungskurs geeignet erscheinen. Die Arbeitsanleitungen setzen Grundkenntnisse in Physik und Chemie voraus und bieten die Möglichkeit, vor allem das Gebiet der Wasserchemie in praktischen Übungen zu erarbeiten. Die Themen des Leistungskurses sind so angelegt, daß sie auch zu Facharbeiten oder Themen für außerschulische Wettbewerbe hinführen. Der Themenkreis ist umfassend und variabel, so daß die unterschiedlichen Bestimmungen in den einzelnen Bundesländern berücksichtigt werden können.

Eine Aufstellung der Aufgaben für die Leistungskurse erübrigt sich, da ja aus den nach Erarbeitung im Grundkurs verbleibenden Themen und den individuellen Gegebenheiten eine Auswahl getroffen werden kann.

2. Gruppenbildung und Arbeitsteilung

Es hat sich herausgestellt, daß nicht alle Teilnehmer an einer Arbeitsgemeinschaft oder eines Leistungskurses alle anfallenden Arbeiten mit gleicher Sorgfalt und Sachkenntnis durchführen können. Eine gewisse Spezialisierung ist daher erforderlich. Man muß also einige Arbeitsgruppen bilden. Beispielsweise wird eine Gruppe historisch, geographisch und geologisch arbeiten. Hier werden die Vermessungsarbeiten und Arbeiten mit Karten durchgeführt, auch die Untersuchung der Bodenarten und der Schlammablagerungen kann man hier einordnen. Eine zweite Gruppe sollte vorwiegend physikalisch arbeiten. Untersuchungen von Geruch, Geschmack, Farbe, Sichttiefen, Temperatur sowie Strahlungs- und Lichtmessungen gehören zu ihrer Aufgabe. Chemische Untersuchungen sind das Arbeitsgebiet einer weiteren Gruppe. Ihre Aufgaben ergeben sich aus den Darlegungen im praktischen Teil. Für Vegetationsuntersuchungen ist es empfehlenswert, eine weitere Gruppe zu bilden. Ebenfalls wird die Untersuchung des Phytoplanktons besondere Bearbeiter erfordern. Für das zoologische Gebiet, das man je nach Bedarf in Makro- und Mikrofauna aufteilen kann, würden dann noch zwei Gruppen benötigt. Jede dieser Gruppen muß möglichste Perfektion auf ihrem Teilgebiet anstreben. Man sieht, daß bedingt durch die Teilnehmerzahl, nicht immer alle Gruppen gebildet werden können. In der Praxis hat sich eine Einteilung der Leistungskursteilnehmer in drei Gruppen bewährt.

Gruppe 1: Historisches Quellenstudium, geographische, geologische Untersuchungen

Gruppe 2: physikalische Untersuchungen

Gruppe 3: chemische Untersuchungen

Für alle Gruppen verbindlich sind dann Untersuchungen der Pflanzengesellschaften und des Planktons.

Die praktische Arbeit beginnt mit der Beschaffung von Karten. Die topographischen Atlanten, von den Vermessungsämtern herausgegeben, bieten auch für die geologischen Verhältnisse sehr gute Kartenausschnitte. Darüber hinaus stehen bei den Kreisbehörden Katasterkarten zur Verfügung, die für Kleingewässer besonders wichtig sind. Die gleiche

Arbeitsgruppe setzt sich zweckmäßigerweise auch mit Ortskundigen in Verbindung, hierzu gehören Förster, Landwirte, auch Sportangler u. a., die durch eigene Beobachtungen oft wichtige Mitteilungen weitergeben können.

3. Arbeitsweise

Es ist angebracht, zu Beginn eines jeden Arbeitsabschnittes eine theoretische Einführung zu geben. Die Stoffauswahl wird bestimmt durch das Untersuchungsobjekt und den Stand der bereits erarbeiteten limnologischen Erkenntnisse. Wo die theoretischen Ausführungen im Buch nicht ausreichen, bietet das Literaturverzeichnis weitergehende Informationsmöglichkeiten.

Am Ende jeder Arbeitstagung sollte eine allgemeine Zusammenfassung der erarbeiteten Ergebnisse erfolgen. In einer Kurzzusammenfassung trägt jede Gruppe die vorher schriftlich fixierten Erkenntnisse vor. Jeder Teilnehmer führt entweder seine eigene Kladde oder aber der Bogen mit den Gruppenergebnissen wird vervielfältigt und jedem Teilnehmer zum Einheften übergeben. Die eigenen Notizen sollten dann immer beigelegt werden. Neben dem eigenen Protokoll steht also immer das gemeinsame zur Verfügung. Bei evtl. Veröffentlichungen, zusammenfassenden Jahresarbeiten oder abschließenden Berichten sind diese Unterlagen dann eine große Arbeitserleichterung. Jeder Teilnehmer führt bei den Geländearbeiten ein Notizbuch und einen Bleistift mit sich, um an Ort und Stelle Beobachtungen und Arbeitsdaten eintragen zu können.

4. Planungsratschläge

- a) Freilandökologische Arbeiten erfordern einen hohen Aufwand an Geräten, Material, Lehrern, Assistenten und Zeit.
Das Arbeitsgerät ist meist nur zum sehr geringen Teil an allgemeinbildenden Schulen vorhanden und beschränkt sich auf die für den Biologieunterricht üblichen Lehrmittel. Die in den Arbeitsanleitungen dieses Buches beschriebenen Geräte können zum großen Teil selbst hergestellt werden. Allerdings ist das zeitlich nicht im Rahmen eines vorgesehenen Kurses möglich. Über Lehrmittelhandlungen und Firmen für Labortechnik kann man je nach örtlichen und finanziellen Verhältnissen die erforderlichen Ausrüstungen beschaffen.
- b) Den Leistungskurs sollte man so legen, daß ein voller Jahresrhythmus erfaßt wird. Für tiefe Gewässer, wie z. B. Seen, genügt eine vierteljährliche Probeentnahme. Die kurzfristig sich ändernden Verhältnisse in Kleingewässern erfordern einen häufigeren Besuch. Als Minimum sollte man 6 Exkursionen auf das Jahr verteilen, 4 davon auf Frühjahr und Sommer, 2 auf Herbst und Winter.
- c) Für die Gewässersuche ist die Verkehrslage wichtig. Örtliche Möglichkeiten werden dabei den Ausschlag geben. In jedem Fall ist es falsch, mehrere Gewässer gleichzeitig in den Bearbeitungsplan aufzunehmen, Anfänger kommen dabei zu keinen oder unzureichenden Ergebnissen.
- d) Falls die Möglichkeit besteht, in Schullandheimen, Jugendherbergen, biologischen oder limnologischen Stationen einen zusammenhängenden Kurs durchzuführen, sollte man in jedem Fall davon Gebrauch machen.

- e) Muß man aus irgendwelchen Gründen auf praktische limnologische Arbeiten verzichten und begnügt sich mit einer theoretischen Erarbeitung der Sachinformation, so sei auf das Kap. 3 verwiesen. Dort werden Ergebnisse jahrelanger limnologischer Untersuchungen an einigen Kleingewässertypen komprimiert dargeboten. Man sollte aber nie vergessen, daß diese Methode ein Behelf und mit der limnologischen Praxis nicht vergleichbar ist.
- f) Die angefügten Schülerübungen sollen einige Anregungen geben, wie man arbeits-schulmäßig Kenntnisse aus dem Sachgebiet übermitteln kann.
- g) Nach Durcharbeiten der einzelnen Beiträge lassen sich Tests zusammenstellen, um den Wissensstand der Schüler zu überprüfen.

5. Untersuchungen künstlicher Gewässer

Wie aus den Arbeitsanleitungen ersichtlich, wurde immer von natürlichen Gewässern ausgegangen. Die vorgestellten Methoden lassen sich aber auch auf künstliche Gewässer anwenden. Als Folge der Verstädterung sind natürliche Gewässer oft nicht vorhanden oder aber nicht erreichbar. Es soll deshalb hier noch kurz auf Gewässertypen eingegangen werden, die fast überall zur Verfügung stehen.

In städtischen Parks, in botanischen und zoologischen Gärten, im Stadtwald und in anderen Naherholungsgebieten finden wir regelmäßig künstlich geschaffene und künstlich erhaltene Kleingewässer, die geeignet sind, die in diesem Buch aufgezeigten Arbeitsweisen zur Entwicklung landschaftsökologischer Erkenntnisse anzuwenden.

Ein seenartiges Gewässer ist der neugeschaffene Typus des Baggersees. Obgleich noch sehr jungen Datums, bietet er limnologisch viel Interessantes. Während die klassische Limnologie sich vorwiegend mit Fragen der Verlandung und des Vergehens der Seen beschäftigt, können wir an diesem Typus die Anfänge der Seenbildung unter unseren klimatischen Verhältnissen erforschen. Fragen der Erstbesiedlung und Einwanderung und kurzzeitige Veränderungen der physikalischen und chemischen Parameter sind dankbare Studienobjekte. Literatur hierfür steht allerdings kaum zur Verfügung.

6. Beschränkung

Es soll auch darauf hingewiesen werden, daß es nicht unbedingt erforderlich ist, die Untersuchungen im limnologischen Sinne als umfassend durchzuführen. Die meisten Untersuchungsergebnisse in der Fachliteratur sind Einzeluntersuchungen. So kann man sich auf thermische oder chemische Untersuchungen beschränken und dabei auch nur einzelne oder wenige Formen oder Gruppen von Pflanzen und Tieren berücksichtigen. Die Notwendigkeit solcher Beschränkung sollte man möglichst frühzeitig realisieren.

7. Literaturarbeiten

Die Einschaltung einer öffentlichen Bücherei ist zur Beschaffung von Literatur (Literaturauszüge) von großer Bedeutung. Unbedingt muß vor Erstellung des Arbeitsplanes erkundet werden, ob das Gewässer schon früher einmal einen Bearbeiter hatte. Dessen Untersuchungsbefunde müssen für die Beurteilung von Gewässerveränderungen und für Vergleichszwecke mit eigenen Ergebnissen und zur Vermeidung evtl. Doppelarbeiten bekannt sein. Für die Literaturarbeiten ist dem vorliegenden Buch ein ausreichendes

Verzeichnis angefügt. Bei der Literatur in Buchform handelt es sich meistens um zusammenfassende, allgemeine Übersichten des Stoffgebiets. Fast immer findet man hier auch Kapitel über die Methoden der wissenschaftlichen Limnologie. Vorwiegend beziehen sich diese Bücher allerdings auf Seen und Fließgewässer. Die dort beschriebenen Methoden sind oft aufwendig und für hauptamtlich arbeitende Limnologen bestimmt, die dazu noch über Labor und technische Hilfskräfte mancher Art verfügen. Bei Kleingewässern liegen die Dinge glücklicherweise einfacher. Hier kann noch improvisiert werden, können eigene Methoden entwickelt und durch Einfallsreichtum brauchbare Ergebnisse erbracht werden. Zeitschriften haben oft einen regionalen Charakter. Heimatkalender, hier nicht aufgeführt, bringen neben allgemein interessierenden Aufsätzen auch oft Mitteilungen, die für die Kenntnis des zur Untersuchung vorgesehenen Gewässers von Bedeutung sind. Für überörtliche Probleme steht u. a. das Archiv für Hydrobiologie zur Verfügung. Die Kenntnis und Verwendung von Spezialliteratur (Separata, Sonderdrucke) ist für Arbeiten an Kleingewässern wichtig, da sich hier oft Hinweise finden, die die eigene Arbeit erleichtern.

8. Pädagogische Ziele

Das Ziel einer Arbeitsgemeinschaft an allgemeinbildenden Schulen liegt nicht nur in der Übermittlung von Sacherkenntnissen. Diese sind für das Gebiet der Landschaftsökologie von sehr großer Bedeutung. Darüber hinaus soll für die Bildung ein Gebiet nutzbar gemacht werden, das auf unseren von theoretisch-analytischem Denken geprägten Schulen zu kurz kommt. Limnologisches Arbeiten ermöglicht persönlichen Einsatz und Kreativität bei der Planung und Durchführung der Versuche, es erfordert selbstkritische Einschätzung der Ergebnisse. Theoretische Erkenntnisse sind an Hand anschaulichen Materials überprüfbar.

Wie im methodischen Teil dargelegt wird, kommt es für die Gewinnung brauchbarer Ergebnisse sehr darauf an, wie sauber und genau gearbeitet wurde. Exaktheit ist hier Erziehungsprinzip. Die Präzision wissenschaftlicher Arbeiten soll in schulischen Arbeitsgemeinschaften nicht unbedingt gefordert, aber die Wege dorthin sollen durchschaubar gemacht werden. Einsicht in diese Methode erzieht zur Bescheidenheit. Deshalb sollte man allzu großzügiges Arbeiten unterbinden und vor allem Genauigkeit und Zuverlässigkeit bewerten.

Zusammenfassung

Die Durchführung eines Projektes in einer Arbeitsgemeinschaft erfordert eine rechtzeitige Planung. Klarheit muß darüber bestehen, ob ein geeignetes Gewässer vorhanden ist. Theoretische Einführungen und Literaturarbeiten sollten außerhalb der Kurszeit eingeplant und ausgeführt werden. Erzieherische Momente und das Prinzip der Arbeitsteilung sind zu betonen. Vollständigkeit wird nicht immer erreichbar sein, in der Beschränkung liegt oft der Erfolg. Schriftlich fixierte Zusammenfassungen sind unerlässlich. Neben den allgemein bildenden Erkenntnissen für Limnologie und Landschaftsökologie soll der Liebhaberkurs vor allem Freude an den Formen und Interesse für die Systematik wecken. Für den Gedanken des Umweltschutzes schafft die theoretische und praktische Beschäftigung mit dieser Materie eine fundierte Grundlage.

9 Bestimmungsteil

Tafel 1: Blaualgen (Cyanophyceae)

Ohne echten Zellkern. Zentroplasma mit DNS. Keine Chloroplasten. Charakteristischer blauer Farbstoff Phycocyan. Einzellig oder fadenförmig. Häufigste Farbe bläulich-grün. Große Artenzahl. Artbestimmung schwierig. Erstbesiedlung. Bilden Wasserblüten. Im Trinkwasser unangenehme Geschmacksveränderungen. Vermehrung durch Zweiteilung oder Vielzellbildung, auch Sporen und Dauerzellen. Ohne bewimperte Vermehrungszellen, Gameten und andere Geschlechtsorgane.

- Abb. 1** *Chroococcus* (Teichkugelblaualge). Tafelförmige Gallertlager, freischwimmend, bis zu 32 Einzelzellen, je 10 μm .
- Foto 5a *Microcystis flos aquae* (Netzblaualge). Koloniebildend, Einzelzelle kugelig, 3–7 μm , S. 26
ohne Abb. *Coelosphaerium kützingianum* (Blaukugel). Hohlkugelige bis 100 μm große, lebhaft blaue Kolonie in Gallerte, Einzelzelle 2–4 μm . Kleingewässer aller Art, auch Moore und Sümpfe.
- ohne Abb. *Aphanothece stagnina* (Schleimblaualge). Gallertlager blaß grau-grün, bis 2 cm groß, Zellen 4–7 μm . Stehende Gewässer.
- Foto 4 *Merismopedia glauca* (Tafelblaualge). Kolonien bis zu 16 Zellen, tafelförmig, Zellen 3–6 μm . Stehende Gewässer. S. 203
ohne Abb. *Gomphosphaeria lacustris* (Schwebekugel). Hohlkugelige Kolonien, Zellen auf Gallertstielen, 2,5 μm . Stehende Gewässer.
- ohne Abb. *Aphanizomenon flos aquae* (Grüne Spanalge). Freischwimmende Bündel bis 2 cm, Einzelzelle 5 \times 10 μm . Wasserblüte eutropher Gewässer.
- Abb. 2** *Nostoc linckia* (Zitteralge). Kolonie bis 10 mm groß, Einzelzellen kugelig um 5 μm , Kleinstgewässer. Foto 5a S. 26
- Abb. 3** *Oscillatoria limosa* (Schwingalge). Dunkelgrüne Lager, 2–5 μm lang, 15 μm breit. In Kleingewässern auf Schlamm. S. auch T. 26/1,2, T. 27/1 und T. 28/2.
- Abb. 4** *Rivularia* (Kalkkrustenblaualge). Bis 3 cm dicke, harte Lager, Zellfaden radial bis parallel verlaufend. In Kalkgebieten.
- Abb. 5** *Anabaena* (Ringelalge). Fäden überall gleich breit, 4 Arten bilden Wasserblüten, Leitart *Anabaena oscillatorioides*.

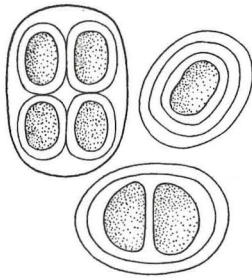
Tafel 1: Kieselalgen (Diatomeae)

Die Diatomeenzelle ist einer Schachtel vergleichbar, deren Deckel die untere Hälfte übergreift. In der Seitenansicht erscheinen die Schalenränder als Gürtelband. In der Deckelansicht erkennt man an jedem Ende und in der Mitte lichtbrechende Knoten, die durch eine der Fortbewegung dienende Raphe verbunden sind. Als Assimilationsprodukt werden gelbe Fetttröpfchen gebildet. Man unterscheidet centrale (runde) und pennate (längliche) Formen. Alle Kieselalgen sind einzellig, einige Gattungen koloniebildend. Sie treten dann zu Bändern, Fäden oder Sternen zusammen. Die Gattungen, die an Kopf- und Fußpol verschieden geformt sind, nennt man heteropol. *Centrales* sind *Melosira*, *Stephanodiscus* und *Cyclotella*. *Pennales* sind *Tabellaria*, *Diatoma*, *Fragilaria*, *Synedra*, *Asterionella*, *Eunotia*, *Amphipleura*, *Frustulia*, *Stauroneis*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Caloneis*, *Pleurosigma*, *Gyrosigma*, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Nitzschia* und *Surirella*.

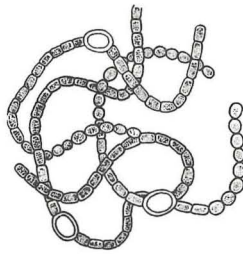
- Abb. 6** *Cyclotella kützingiana* (Scheibchenkieselalge). Waldseen. C. comta, bis 50 μm . Gewässer aller Art. S. auch T. 25/4.
- Abb. 7** *Stephanodiscus* (Zackenscheibchen). Zellen einzeln oder in Ketten mit kräftigen Randdornen. Indikator für stark verunreinigte Gewässer. S. auch T. 27/5.
- Foto 4 *Tabellaria flocculosa* (Moorkieselalge). Zellketten als Zickzackbänder. Nur in Moorgewässern. S. auch T. 25/2, T. 26/4.
- ohne Abb. *Tabellaria fenestrata* (Fensterkieselanlage). Zellen meist zu Sternchen verklebt. Eutrophe Gewässer.
- ohne Abb. *Diatoma elongatum* (Zickzackkieselalge). Zellen zart und lang. Stehende Gewässer.
- Foto 1 *Fragilaria* (Bruchkieselalge). Zellen bilden Bänder. F. crotonensis (Kammkieselalge). S. 205
Zellen in der Mitte 3 μm , an den Polen 1 μm .
- ohne Abb. *Synedra ulna* (Stabkieselalge). 50–350 μm lang, 5–90 μm breit. S. auch T. 25/1.
- Foto 3 *Asterionella formosa* (Schwebesternchen). Schalen schmal, Pole kopfig gerundet. S. 205
- Abb. 8** *Pinnularia* (Rippenkieselalge). Gewässer aller Art. S. auch T. 25/3.
- Abb. 9** *Gomphonema* (Stielchenkieselalge). Häufig im Aufwuchs.
- Abb. 10** *Epithemia* (Aufwuchskieselalge). Uferform.
- ohne Abb. *Cymatopleura solea* (Sohlenkieselalge). 30–300 μm lang, 12–40 μm breit. Eutrophe Gewässer.
- Abb. 11** *Navicula* (Schiffchenkieselalge). Alle Gewässer, sehr häufig.
- Abb. 12** *Cymbella* (Kahnkieselalge). Unsymmetrisch geformt. Sehr häufig.
- Abb. 13** *Gyrosigma* (Sigmakieselalge). Alle Gewässertypen.
- Abb. 14** *Melosia granulata* (Fadenkieselalge). An den Zellrändern kurze Zähnchen. Plankton eutropher Gewässer. *Melosira varians* (ohne Abb.), trommelförmige Zellen. Uferform.

Tafel 1: Blaualgen und Kieselalgen

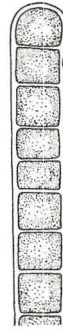
Cyanophyceae



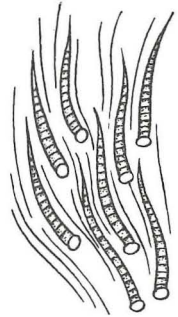
1. *Chroococcus*



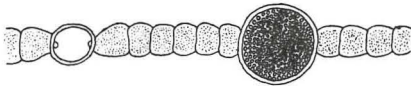
2. *Nostoc*



3. *Oscillatoria*

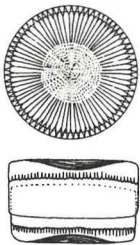


4. *Rivularia*

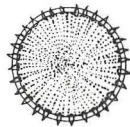


5. *Anabaena*

Diatomeae



6. *Cyclotella*



7. *Stephanodiscus*



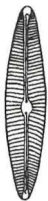
8. *Pinnularia*



9. *Gomphonema*



10. *Epithemia*



11. *Navicula*



12. *Cymbella*



13. *Gyrosigma*



14. *Melosira*

Tafel 2: Gelbgrünalgen (Xanthophyceae)

Ähneln in Farbe und Aussehen den Grünalgen. Bewegliche Zellen und Zoosporen jedoch mit zwei verschiedenen langen Geißeln. Farbe niemals gelb. Daher Name Xanthophyceae irreführend. Trichale Formen oft mit H-Stücken.

- Abb. 1** Flagellatenform (Schwärmer) einer coccalen Gelbgrünalge. *Chilomonas*. S. auch T. 27/2.
- Abb. 2** *Bumilleria sicula* (Manschettenfaden). Zwischen je 2 oder 4 Zellen kräftige H-Stücke eingefügt, Fäden zerfallen leicht. Zellen 15–20 μm breit. Kleingewässer mit Lehmboden.
- Abb. 3** *Tribonema viride* (Grüner Wasserfaden). H-förmige, zarte Membranstücke, Zellen 30–100 μm lang, 10–15 μm breit. Kleingewässer.

Feueralgen (Dinophyceae)

Mit einer Schwimmgeißel, Kurzgeißel in Säckchen am vorderen Zellpol. Grün oder farblos mit Augenfleck. Palmellastadium kugelförmig.

- Abb. 4** *Gymnodinium fuscum (palustre)* (Sumpfpanzerflagellat). Kein Außenskelett, Vorder- teil glockenförmig, Hinterende spitz auslaufend, 60 μm lang. Kleingewässer.
- Abb. 5** *Glenodinium cinctum* (Augen-Panzerflagellat). 40 μm lang, U-förmiger Augenfleck. Kleingewässer. In Torfmooren mit zinnoberrotem Augenfleck: *G. uliginosum* (Moorpanzerflagellat).
- Abb. 6** *Peridinium bipes (tabulatum)* (Panzertafelflagellat). Celluloseplatten von Leisten eingefügt, Quersfurche tief und breit, um 48 μm lang. Gewässer aller Art, zwischen Wasserpflanzen.
- Abb. 7** *Ceratium hirundinella* (Hornalge). Scheitelhorn lang ausgezogen, Form saisonabhängig. 200–300 μm lang. Teiche und Seen.
- Abb. 8** *Ceratium cornutum* (Hörnchenalge). Umriß asymmetrisch, Scheitelhorn gebogen. 100–150 μm lang. Kalte Gewässer.

Tafel 2: Gelbgrünalgen und Feueralgen

Xanthophyceae



1. Schwärmer



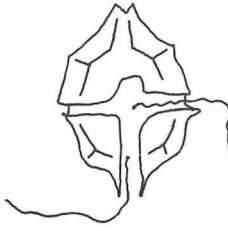
2. *Bumilleria sicula*



3. *Tribonema viride*



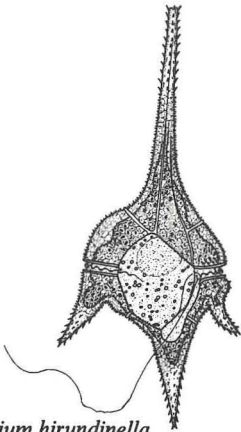
4. *Gymnodinium fuscum*



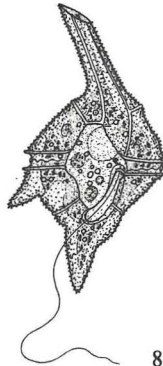
6. *Peridinium bipes*



5. *Glenodinium cinctum*



7. *Ceratium hirundinella*



8. *Ceratium cornutum*

Tafel 3: Goldalgen (Chrysophyceae)

Farbe gelb bis braun durch Xanthophyll, bilden keine Stärke, sondern Öle. Flagellaten meist mit 2 ungleich langen Geißeln am Vorderpol. Oft mit Augenfleck. Zysten als Dauerform mit verkieselten Wänden.

- ohne Abb. *Dinobryon cylindricum* (Becherbäumchen). Kleine Kolonien aus wenig Einzelzellen, Gehäuse zylindrisch, stumpf kegelförmig, 115 μm .
- Abb. *Synura uvella* (Rosettengoldkugel). Bis zu 80 beborstete Einzelzellen um 40 μm in s. T. 28/3
- Foto 1 *Mallomonas caudata* (Geschwänzte Goldalge). 50–80 μm . Oligotrophe Gewässer. Zuweilen Wasserblüte.
- S. 203

Augenflagellaten (Euglenophyceae)

Mit einer Schwimmgeißel und einer Kurzgeißel am vorderen Zellpol. Grün oder farblos mit Augenfleck.

- Abb. *Euglena viridis* (Grünes Augentier). 40–65 μm lang. Geißel körperlang. In verschmutzten und verschlammten Kleingewässern der Güteklasse IV. Zahlreiche Arten.
- s. T. 28/5
- Abb. 1 *Phacus longicauda* (Herzflagellat). Zellen platt mit körperlangem Stachel, Membran mit Längsleisten. Großer hellroter Augenfleck. Rotierende Schwimmbewegungen. Bis 115 μm . Stehende Gewässer.
- Abb. 2 *Tachelomonas hispida* (Stachelbeerkragenflagellat). Gehäuse oval. Bis 40 μm . Sehr variabel. Stehende Gewässer.
- Abb. *Chilomonas* (Bogengeißelflagellat). Vorne breit, hinten schief.
- s.T. 27/2/3

Grünalgen (Chlorophyceae)

Coccale und trichale Formen, Stärkebildung durch Photosynthese, Zellwand innen aus Zellulose, außen aus Pektin, Zellsaftvakuolen, fadenförmige mit wandständigen Chloroplasten, bei coccalen Arten Becherform. Pyrenoide (Stärkebildner in Chloroplasten). Zoosporen, Gameten und Flagellaten mit 2 Geißeln.

- Foto 3 *Volvox globator* (Große Wimperkugel). Kolonien bis 2000 μm groß. V. aureus bis 1000 μm groß mit 500 Einzelzellen. Stehende eutrophe Gewässer. Bildet Tochterkolonien.
- S. 207
- Abb. 3 *Pandorina morum* (Maulbeergrünalge). Zellen eiförmig, 10 μm . Kolonien 8-zellig, traubig in Gallerte.
- Abb. 4 *Gonium soziale* (Mosaikgrünalge). 16 Zellen in tafelförmiger, schwer sichtbarer Gallertschüssel.
- Abb. 5 *Eudorina elegans* (Geißelkugel). Einzelzellen 20 μm . Kolonie 32 Zellen. Stehende Gewässer.

Tafel 3: Grünalgen (Chlorophyceae) Fortsetzung

- Foto 4 *Dictiosphaerium ehrenbergianum* (Gallerträngalge). Zellen durch Gallertränge verbunden. Kolonien bis 80 μm . In schwach sauren Gewässern.
- S. 209
- Abb. 6** *Selenastrum gracile* (Sichelhaufenalge). Zellen halbmondförmig. 15–25 μm lang. Sicheln schmal. Schwach verschmutzte Kleingewässer.
- Abb. 7** *Coelastrum microporum* (Kugelhohlstern). Kolonie 8- oder mehrzellig. Stehende Gewässer. Sehr verbreitet.
- ohne Abb. *Micractinium pusillum* (Strahlengrünalge). Einzelzelle 4–8 μm . Plankton saurer, stehender Gewässer.
- Abb. 8** *Scenedesmus quadricauda* (Geschwänzte Gürtelalge). Kolonien 4-, 8- oder 12-zellig. Endzellen mit 2 nach außen gebogenen Stacheln. Wenig verschmutzte Gewässer. Scenedemusarten sehr variabel in Schalenform und Zellzahl, meistens jedoch 4-zellig. Sehr viele Arten mit Übergängen. S. auch T. 26/5.
- Abb. 9** *Pediastrum boryanum* (Warziges Zackenrädchen). Ohne Zellzwischenräume. Weitere leicht unterscheidbare Arten (Foto 4, S. 207 und T 26/6).
- Abb. 10** *Geminella minor* (Schleimhüllenalge). Zellen 2–10 μm breit, 3–15 μm lang. Kleingewässer.
- Abb. *Ulotrix zonata* (Gürtelkraushaaralge). Zellen 10–60 μm lang, 30–40 μm breit. In oligotrophen Gewässern.
- s. T. 25/7
- Abb. 11** *Microspora floccosa* (Doppelbecheralge). Zellen 15–40 μm lang, 16 μm breit. Becherförmiger Chromatophor. Frühjahrsform. Gewässer aller Art.
- Abb. 12** *Oedogonium borisianum* (Kappenalge). 18–30 μm breit. Bildet Zwergmännchen. Moorgewässer.
- Abb. 13** *Cladophora crispata* (Astalge). Zellen 15–60 μm breit. S. auch T. 25/8.

Joch- und Zieralgen (Konjugatophyceae)

Einzellig und fadenförmig. Sexuelle Fortpflanzung als Konjugation (Name!). Symmetrischer Bau. Hauptverbreitungsgebiet saure Moorgewässer. Häufig in Moospolstern.

- ohne Abb. *Closterium moniliferum* (Mondsichel). 170–450 μm lang, 30–70 μm breit. Gipskristalle an den Polen, ständig in zitternder Bewegung (Brownsche Molekularbewegung) (s. T. 27/6).
- Abb. 14** *Euastrum pectinatum* (Sternalge). Reinwasserform in saurem Milieu.
- Foto 5 *Micrasterias truncata* (Sternchenalge). 75–145 μm lang, 75–135 μm breit. Moorgewässer. S. auch T. 25/6.
- S. 209
- Abb. 15** *Cosmarium reniforme* (Nierenzieralge). 50 μm lang und breit. Kleingewässer sauren Charakters.
- Abb. 16** *Staurastrum gracile* (Zierlicher Stachelstern). 30–60 μm lang. Oligosaprob. Viele Standortmodifikationen.
- Foto 1 *Desmidiium swartzii* (Kettenzieralge). Zellen 15–20 μm lang, 35–50 μm breit. Moore und S. 211 Entwässerungsgräben.
- Abb. 17** *Spirogyra* (Schraubenalge). Nur kopulierende Arten sind bestimmbar. S. auch T. 26/7.
- ohne Abb. *Mougeotia* (Plattenalge). Fäden unverzweigt, Zellen zylindrisch. Breitseite des Chloroplasten stets dem Licht zugewendet.

Tafel 3: Augenflagellaten, Grünalgen, Joch- und Zieralgen

Euglenophyceae

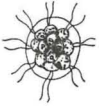


1. *Phacus longicauda*

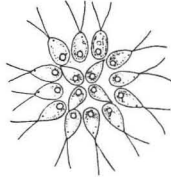


2. *Trachelomonas hispida*

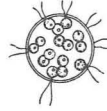
Chlorophyceae



3. *Pandorina morum*



4. *Gonium sociale*



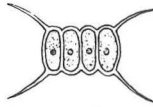
5. *Eudorina elegans*



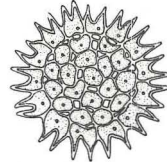
6. *Selastrum gracile*



7. *Coelastrum microporum*



8. *Scenedesmus quadricauda*



9. *Pedicestrum boryanum*



10. *Geminella minor*



11. *Microspora floccosa*



12. *Oedogonium borisianum*

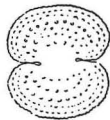


13. *Cladophora crispata*

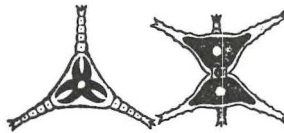
Konjugatophyceae



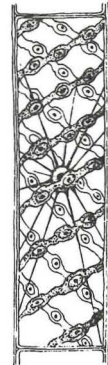
14. *Euastrum pectinatum*



15. *Cosmarium reniforme*



16. *Staurostrum gracile*



17. *Spirogyra*

Tafel 4: Geißeltierchen (Zooflagellata)

- Abb. 1** *Bodo* (Zweigeißliger Faulschlammflagellat). 11–22 μm lang, 5–10 μm breit. Verschmutzte Gewässer. 20 Arten.
- Abb. 2** *Hexamita* (Achtgeißelflagellat). 2 Schlepp-, 6 Schwimmgeißeln. 20–26 μm lang. Stark verschmutzte Gewässer.

Wurzelfüßler (Rhizopoda)

- Abb. 3** *Amoeba* (Wechseltierchen). Pseudopodien nach allen Seiten ausstrahlend. Seen und Sümpfe, auf Wasserpflanzen.
- Abb. 4** *Diffugia* (Schmelztierchen). Ungekammertes Gehäuse, lapfenförmige Scheinfüßchen (Pseudopodien). Häufig.
- Abb. 5** *Arcella megastoma* (Uhrglastier). \varnothing 180–270 μm . Verschiedenste Gewässer, weit verbreitet.
- Abb. 6** *Actinosphaerium eichhorni* (Strahlenbällchen). \varnothing 300 μm . S. auch T. 16/8. Flachgewässer, an Pflanzen und auf dem Boden.

Wimpertierchen (Ciliata)

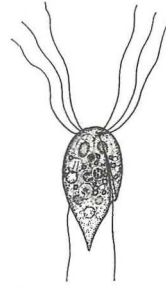
- Abb. 7** *Tintinnidium fluviatile* (Klöppelglockchen). Gehäuse dicht mit Fremdkörpern überkrustet.
- Abb. 8** *Tintinnopsis lacustris* (Urnettierchen). Halsteil mit Ringwulst. Gehäuse 40–140 μm . Plankton, sehr häufig.
- ohne Abb. *Epistylis rotans* (Säulenglockentier). Stiele starr.
- Abb. *Coleps hirtus* (Tonnettierchen). Hinten mit 3 Dornen. 60 μm . Tönnchen rotieren rasch. (s. T. 26/9) Leicht verschmutzte Biotop.
- ohne Abb. *Urostyla grandis* (Vielfußtierchen). Sehr formveränderlich. 350 μm . Oligotrophe Gewässer.
- ohne Abb. *Holophrya nigricans* (Schwarze Stachelbeere). Eiförmig bis fast kugelig. 150 μm . Kleingewässer.
- ohne Abb. *Dileptus anser* (Gänsehalstierchen). Körper auf beiden Seiten fein bewimpert. Schlängelnde Schwimmbewegungen. Bis 500 μm . Oligotrophe Gewässer.
- Abb. *Halteria* (Springtierchen). Abspreizbare Borsten, rotiert langsam, vollführt kurze s. T. 25/12 Sprünge. Zwischen Wasserpflanzen.
- ohne Abb. *Euplotes patella* (Lauftierchen). Laufen hastig auf den Cirren, schwimmen rotierend. 80–150 μm . Polysaprob (s. a. T. 26/12).
- Abb. *Aspidisca lynceus* (Schildkrötentier). Schwimmt in Kreisen oder läuft und klettert auf s. T. 26/13 den Cirren. 40 μm . Schlamm.
- ohne Abb. *Chilodonella cucullulus* (Lippenzähnchen). 140 μm (s. a. T. 27/10).
- Abb. *Colpoda cucullus* (Heutierchen). Linke Körperseite vor der Mitte eingekerbt. Auf s. T. 27/9 faulenden Pflanzenteilen.
- Abb. *Paramaecium caudatum* (Pantoffeltierchen). Bis 300 μm . s.a.T. 26/11
- Abb. 9** *Stentor* (Trompetentierchen). Kann sich mit dem Hinterende an der Unterlage festheften. Nährstoffreiche Gewässer. S. auch T. 27/11.
- Abb. 10** *Stylonychia* (Waffentierchen). Alle Gewässertypen.
- Foto 3 *Vorticella* (Glockentierchen). Nicht koloniebildend. Stiel kontrahiert sich in Spiralen. S. 211 Verschmutzte Gewässer, an Wasserpflanzen und -tieren festgeheftet. S. auch T. 27/13, T. 26/10 und T. 25/13.

Tafel 4: Geißeltierchen, Wurzelfüßler und Wimpertierchen

Zooflagellata

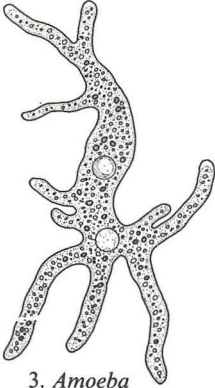


1. *Bodo*



2. *Hexamita*

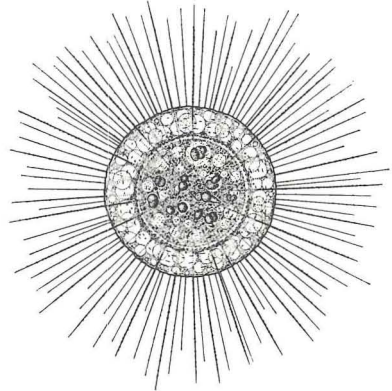
Rhizopoda



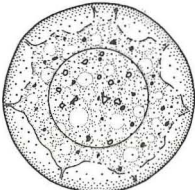
3. *Amoeba*



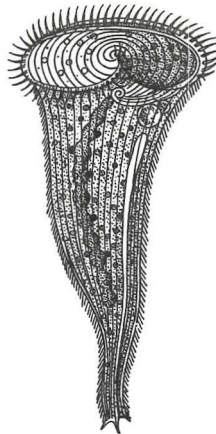
4. *Diffugia*, Gehäuse



6. *Actinosphaerium eichorni*



5. *Arcella megastoma*

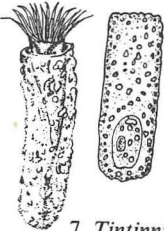


9. *Stentor*



10. *Stylonychia*

Ciliata



7. *Tintinnidium fluviatile*



8. *Tintinnopsis lacustris*

Tafel 5: Rädertierchen (Rotatoria)

- Abb. 1** *Keratella quadrata*. 200–250 μm . Stehende Gewässer aller Art.
- Abb. 2** *Keratella cochlearis* (Facettenrädertier). 80–320 μm . Kleingewässer.
- Abb. 3** *Notholca squamula* (Furchenpanzerrädertier). Um 200 μm .
- Abb. 4** *Notholca longispina*, *Kellicottia*. 450–860 μm . Seeplankton, oft massenhaft, oligotroph. S. auf T. 25/15.
- Abb. 5** *Polyarthra platyptera* (Schwertborstenrädertier). Planktisch. Fußlos, an jeder Seite 6 Rumpfflossen. Dunkelroter Augenfleck.
- Abb. 6** *Filinia longiseta* (Springborstenrädertier). Borsten bedornt, 3 \times länger als der Körper. 180–200 μm . Planktisch in stehenden Gewässern.
- Abb. 7** *Lecane* (Zipfelpanzerrädertier). Kurzer Fuß mit 1 oder 2 Haftzehen, schwingende Bewegungen.
- Abb. 8** *Synchaeta pectinata* (Drachenrädertier). 2 bewimperte Kopftaster. Um 450 μm . Alle Gewässer.
- Abb. 9** *Synchaeta tremula*. Um 250 μm . Litoralform. Winter und Frühjahr.
ohne Abb. *Testudinella patina* (Schildkrötenrädertier). 120–200 μm . Kleinere Gewässer, auf Bodenschlamm.
- Abb. 10** *Conochilus unicornis* (Kugelrädertier). Einzeltier bis 380 μm , bis 25 Tiere bilden eine Kolonie.
- Abb. 11** *Collotheca mutabilis* (Reusenrädertier). Planktonform. Krone zweilappig. Bis 500 μm . Seen und Teiche.
- Abb. 12** *Asplanchna priodonta* (Sackrädertier). Durchsichtig, kein Fuß. 420–1500 μm . Planktisch in stehenden Gewässern.
- Abb. 13** *Trichocerca capucina* (Rattenschwanzrädertier). Asymmetrisch verdreht. Schwimmen in Schraubenlinien. Um 425 μm . Flache Gewässer.

Tafel 5: Rädertierchen

Rotatoria



1. *Keratella quadrata*



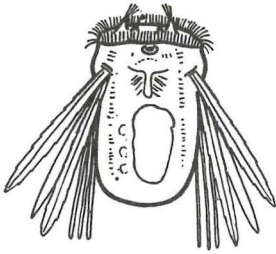
2. *Keratella cochlearis*



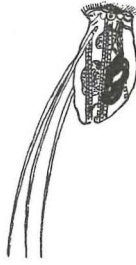
3. *Notholca squamula*



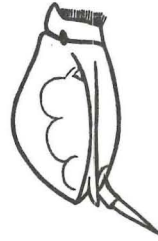
4. *Kellicottia longispina*



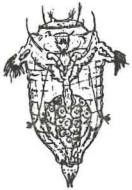
5. *Polyarthra platyptera*



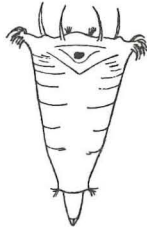
6. *Filinia longiseta*



7. *Lecane*



8. *Synchaeta pectinata*



9. *Synchaeta tremula*



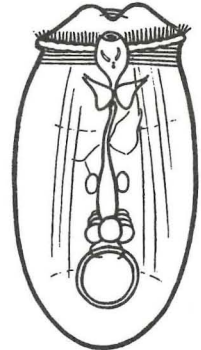
10. *Conochilus unicornis*



11. *Collotheca mutabilis*



13. *Trichocerca capucina*



12. *Asplanchna priodonta*

Tafel 6: Zum System der Crustaceen

I. Ruderfußkrebse (Copepoda)

a) Cyclopoida

Körper im Umriß annähernd oval. Der Hinterkörper ist beim Männchen 5-, beim Weibchen 4-gliedrig. Die Furcaäste sind für die Unterscheidung der Arten sehr wichtig, ebenso das 5. Thoraxbein (P5), das sich am letzten Thoraxsegment befindet und nur durch Präparation erkennbar ist.

Abb. 1 *Acanthocyclops robustus*. Länge bis 1,3 mm. Tümpel, Litoral.

b) Calanoida

Bei den Calanoiden handelt es sich um die größten und auffallendsten Vertreter der Ruderfußkrebse. Der Vorderkörper ist wesentlich größer als der Hinterkörper. Die langen Vorderantennen reichen über den Hinterrand des Thorax hinaus. Bei den Männchen ist die rechte Vorderantenne in ein Greiforgan umgewandelt.

Abb. 2 *Eudiaptomus gracilis* (Farbloser Schwebekrebs). Antenne 25-gliedrig, bis 1,5 mm groß. Planktisch in stehenden Gewässern.

c) Harpacticoida

1. Antenne mit höchstens 8 Gliedern. Körper wurmförmig, Furcaäste doppelt so lang wie breit.

Abb. 3 *Canthocamptus staphylinus* (blauer Raupenhüpferling). Bis 900 μm . Seichte Tümpel, sehr häufig.

II. Blattfußkrebse (Euphyllopoda)

a) Notostraca

Abb. 4 *Chirocephalus*. Periodische Kleingewässer. Bis 28 mm.

Abb. 5 *Lepidurus apus*. Kaltwasserform. Bis 50 mm lang. Kleingewässer.

b) Onychura

1) Wasserflöhe (Cladocera)

Abb. 6 *Daphnia pulex* ist Vertreter der Daphniiden. Bei ihnen sind die Antennen relativ groß. Der Mitteldarm ist ohne Schleife und weist vorn zwei Leberhörnchen auf. Sie leben planktisch in kleinen seichten Tümpeln, oft massenhaft.

III. Muschelkrebse (Ostracoda)

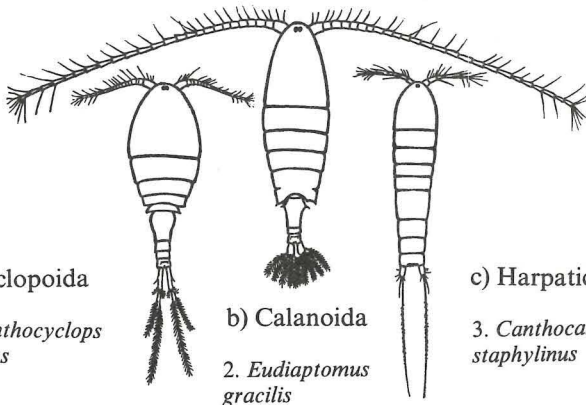
Abb. 7 *Eucypris virens* (Muschelkrebs)

Süßwassermilben (Hydracarina) gehören zu den Spinnentieren!

Abb. 8 *Unionicola*

Tafel 6: Ruderfußkrebse, Blattfußkrebse, Muschelkrebse und Süßwassermilben

I. Copepoda



a) Cyclopoida

1. *Acanthocyclops robustus*

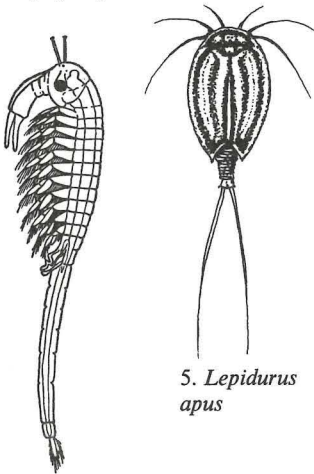
b) Calanoida

2. *Eudiaptomus gracilis*

c) Harpacticoida

3. *Canthocamptus staphylinus*

II. Euphyllopoda



4. *Chirocephalus*

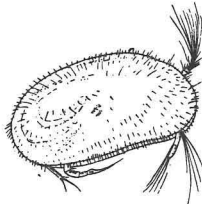
5. *Lepidurus apus*

III. Ostracoda

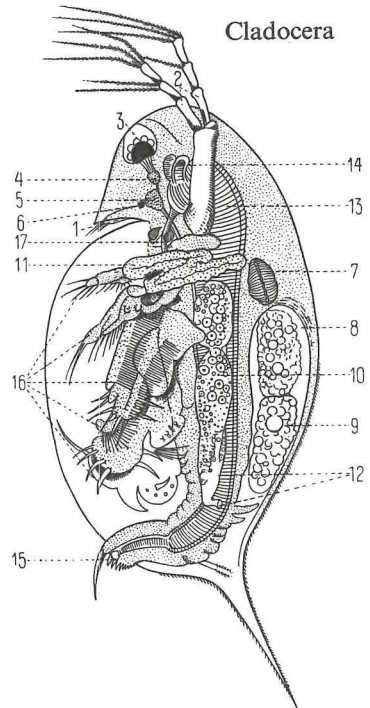
Hydracarina



8. *Unionicola*



7. *Eucypris virens*



Cladocera

6. *Daphnia pulex*. (etwa $\frac{1}{2}$ mm lang)

1 Riechantenne (1. Antenne), 2 Ruderantenne (2. Antenne), 3 Facettenauge, 4 Sehganglion, 5 Gehirn, 6 Nebenaug, 7 Herz, 8 Brutraum, 9 Embryonen, 10 Eierstock, 11 Schalendrüse (Ausscheidungsorgan), 12 Geschlechtsöffnung, 13 Darm, 14 Leberhörnchen, 15 After, 16 Füße mit Kämmen (Filter) und Kiemen (Blattfüße), 17 Kiefer

Tafel 7: Ruderfußkrebse (Copepoda)

I. Bestimmung nach der Anzahl der Glieder der 1. Antenne

Cyclopoida:

17-gliedrig *Macrocylops fuscus*, *M. albidus*.
Diacyclops bicuspidatus.
Cyclops strenuus.
Cyclopsmännchen mit Greiforgan
Cyclopsweibchen, Körperbau
Megacyclops viridis, *M. gigas*, *M. latipes*.
Mesocyclops leuckarti.

12-gliedrig *Eucyclops macrurus*, *Eu. serrulatus*.

11-gliedrig *Cryptocyclops bicolor*.

10-gliedrig *Ectocyclops phaleratus*.

8-gliedrig *Paracyclops fimbriatus*.

höchstens

8-gliedrig Harpacticoida:
Canthocamptus staphylinus,
Attheyella crassa,
Bryocamptus minutus

bis

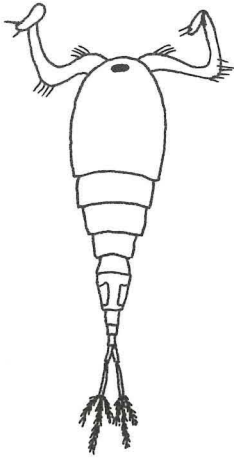
25-gliedrig Diaptomiden:
Eurytemora velox, *Eu. lacustris*.
Heterocope appendiculata.

Abb. 3 *Diaptomus castor* (Roter Schwebekrebs). Farbe rot, bis braun, 3,5 mm.
Antenne 25-gliedrig. Kleingewässer aller Art.
Eudiaptomus gracilis, *Eu. graciloides*.

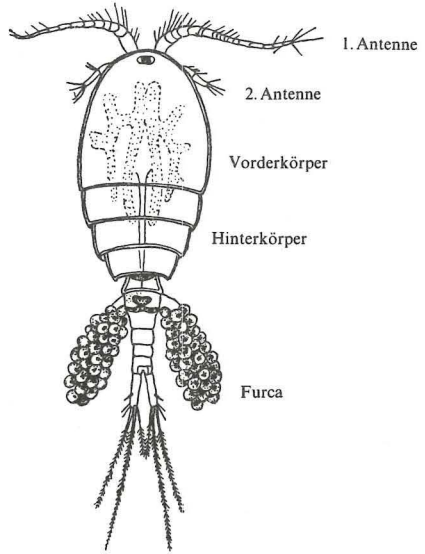
Bei allen Diaptomidenmännchen rechte Antenne als Greiforgan ausgebildet.

Abb. 4 Nauplius Aus dem Copepodenei entschlüpft die Naupliuslarve, nach 6 Häutungen folgt das Copepoditstadium, nach weiteren 6 Häutungen entsteht das geschlechtsreife Tier.

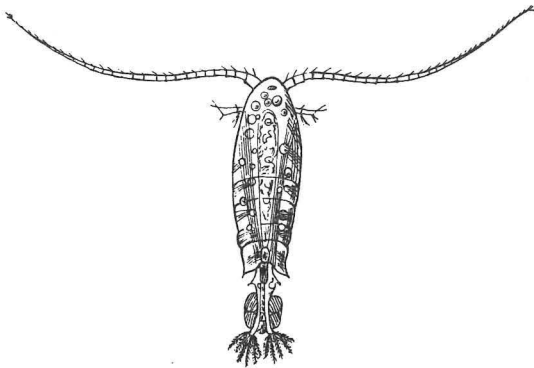
Tafel 7: Typische Ruderfußkrebse



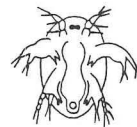
1. *Cyclops*, Männchen



2. *Cyclops*, Weibchen



3. *Diaptomus castor*



4. *Nauplius*

Tafel 8: Ruderfußkrebse (Copepoda)

II. Bestimmung nach der Furca

a) Cyclopoidea

- Abb. 1** *Macrocyclus fuscus* (Dunkler Riesenhüpferling). Dunkelgrün oder braunrot, 4 mm. Furca an den Innenrändern stark behaart. Alle Gewässer.
- ohne Abb. *Macrocyclus albidus* (Weißer Riesenhüpferling). Farblos, 2,5 mm. Furca kahl, Eisäckchen abgespreizt.
- Abb. 2** *Megacyclus viridis* (Grüner Hüpferling). Grün, 2 mm. Furca behaart, Eisäckchen groß, abstehend. Litoralform.
- Abb. 3** *Megacyclus gigas*. 2–3 mm. Furca-Äste 5–6 × so lang wie breit. Litoral und Profundal.
- Abb. 4** *Megacyclus latipes*. 2 mm. In Frühjahrstümpeln.
- Abb. 5** *Diacyclops languidus*. Vorderantennen 16-gliedrig. In perennierenden und periodischen Kleingewässern, auch in Mooren.
- ohne Abb. *Diacyclops bicuspidatus* (Gelber Hüpferling). Gelb. Um 1,4 mm. Furca schlank mit Dörnchen, Eisäckchen stark abstehend.
- Abb. 6** *Cyclops strenuus*. (Gemeiner Hüpferling). Farblos, gelb oder grün, 3,5 mm. Gekielte Furca, Innenränder behaart. Eisäckchen groß, anliegend (s. T. 35/4, 5).
- Abb. 7** *Mesocyclops leuckarti* (Teichhüpferling). Farblos, 1,3 mm. Außenrandborsten in der Mitte der Furca-Äste. Eisäckchen groß, abstehend. Alle Gewässer.
- Abb. 8** *Paracyclops fimbriatus* (Weißer Schlammhüpferling). Schneeweiß, 1 mm. Bodenform, schlechter Schwimmer. Alle Gewässer.
- Abb. 9** *Eucyclops serrulatus* (Sägeschwanzhüpferling). Farbe gelbbraun oder rötlich, 1,4 mm. Furca-Äste gekrümmt, Eisäckchen blauschwarz, abstehend. Alle Gewässer.
- ohne Abb. *Eucyclops macrurus* (Langschwanzhüpferling). Farblos, 1,4 mm. Furca-Äste 10 × so lang wie breit.
- ohne Abb. *Ectocyclops phaleratus* (Farbiger Schlammhüpferling). Braun, 1,2 mm. Eierballen eng anliegend, Litoralform.
- ohne Abb. *Cryptocyclops bicolor* (Zwerghüpferling). Farblos, 800 μm . Furca an der Innenseite unbehaart. Perennierende Gewässer.

b) Calanoida

- Abb. 10** *Eurytemora velox* (Flügelkrebs). Farblos, 2,2 mm. 1. Antenne 24-gliedrig. In Seen.

c) Harpacticoida

- Abb. 11** *Hetercope appendiculata* (Planktonschwwebekrebs). Grünlich-blau, 2 mm. Furca-Äste nur mit 3 Borsten, Antenne 25-gliedrig. Eutrophe Seen.
- Abb. 12** *Attheyella crassa* (Raupenhüpferling). Gelb oder rot, 650 μm . Furca-Äste stark geschwungen. Alle Gewässer.

Tafel 8: Ruderfußkrebse

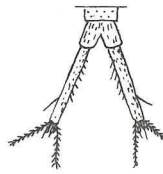
a) Cyclopoida



1. *Macrocylops fuscus*



2. *Megacyclops viridis*



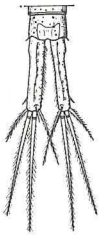
3. *Megacyclops gigas*



4. *Megacyclops latipes*



5. *Diacyclops languidus*



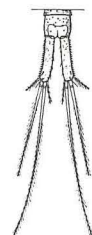
6. *Cyclops strenuus*



7. *Mesocyclops leuckarti*

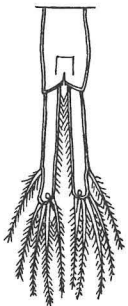


8. *Paracyclops*



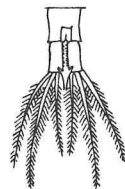
9. *Eucyclops serrulatus*

b) Calanoida

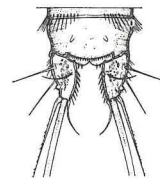


10. *Eurytemora velox*

c) Harpacticoida



11. *Heterocope appendiculata*



12. *Attheyella crassa*

Tafel 9: Wasserflöhe (Cladocera, Phyllopoda)

Körperbau s. Tafel 6, Abb. 6

System

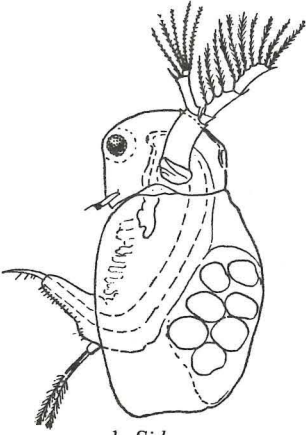
- *Sididae*: Zweite Antenne mit 2 Ästen.
- *Holopedidae*: Zweite Antenne einästig.
- *Leptodoridae*: Großes Komplexauge. Kopf und Körper langgestreckt.
- *Daphniidae*: Zweite Antenne groß. Mit 2 Leberhörnchen.
- *Bosminidae*: Erste Antennen lang, rüsselartig.
- *Macrothricidae*: Schlechte Schwimmer. Erste Antennen lang.
- *Chydoridae*: Zweite Antennen klein. Bodentiere und Schlammwühler.
- *Polyphemidae*: Beine nicht blattfußartig. Schale klein.

Planktische Wasserfloharten bilden Temporalvariationen und Cyclomorphosen. Gestaltungsänderungen im Laufe eines Jahres von Generation zu Generation und von Häutung zu Häutung. Änderungen erstrecken sich auf Endstachel, Kopf- und Schalenform und Eizahl. Im Herbst erscheinen wieder die ursprünglichen Rassen.

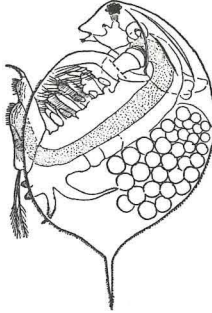
- Abb. 1** *Sida crystallina* (Kristallwasserfloh). Kopf groß, gerundet, am Hinterrand des Kopfes ein hufeisenförmiges Haftorgan. Sehr kräftiges Basisglied der 2. Antenne.
- Abb. 2** *Daphnia magna* (Großer Wasserfloh). Weibchen bis 6 mm. Rücken mit Dörnchen. Schalen gefeldert. Rostrum kurz.
- ohne Abb. *Daphnia pulex* (Gemeiner Wasserfloh). Weibchen 3–4 mm. 4-kantiger Stachel. Riechstäbchen erreichen Rostrum nicht (s. T. 6/6).
- ohne Abb. *Daphnia ambigua*. Rostrum stumpf. Spina kurz. Eingeschleppt.
- Abb. 3** *Daphnia longispina* (Langdornwasserfloh). Mit langer Spina. Variabel.
- Abb. 4** *Daphnia cucullata* (Helmwasserfloh). Weibchen 1,2 mm. Rostrum kurz, Stirn gerade, Kopf helmförmig.
- Abb. 5** *Daphnia cristata* (Spitzkopfwasserfloh). Weibchen 1,3 mm. Helm im Sommer und Herbst spitz, rückwärts gebogen, Rostrum lang. Nahrungsarme Gewässer in Nordostdeutschland.
- ohne Abb. *Daphnia obtusa*. Kopf niedrig mit kurzem Rostrum. Spina sehr kurz. Kleingewässer.
- ohne Abb. *Daphnia parvula*. Rostrum kurz, Stirn hoch gewölbt, 1. Antenne kurz. Aus Amerika eingeschleppt.
- ohne Abb. *Daphnia pulex*. Weibchen 2 mm. Rostrum stark ausgebildet, ähnlich *pulex*. 1. Antenne ganz zurückgebildet. Kleingewässer.
- ohne Abb. *Daphnia longiremis*. 2. Antenne lang, ca. $\frac{1}{3}$ der Schalenlänge. Norddeutsche Kleingewässer.
- ohne Abb. *Daphnia hyalinae*. Weibchen 2 mm. Rostrum lang und spitz. Kopfhelm stets gerundet. Seeform.
- ohne Abb. *Daphnia galeata*. Weibchen 1,7 mm. Rostrum kurz und stumpf. In nährstoffreichen Gewässern und Heidegewässern.
- Abb. 6** *Scapholeberis mucronata* (Kahnfahrer). Rücken stark gewölbt, Ventralrand abgeflacht, Stirnhorn. 1. Antenne klein. Kleingewässer (s. T. 34/3).
- Abb. 7** *Simocephalus vetulus* (Plattkopf). Kopf sehr klein mit Buckel.
- Abb. 8** *Ceriodaphnia reticulata* (Netzwasserfloh). Zwischen Kopf und Rumpf am Rücken ein tiefer Einschnitt. Großes Komplexauge.

Tafel 9: Wasserflöhe

Cladocera



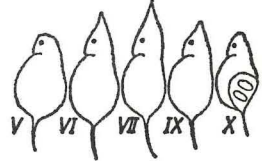
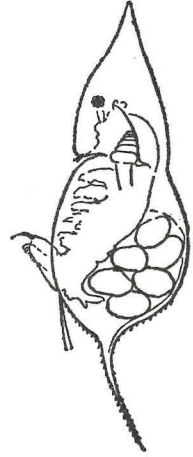
1. *Sida crystallina*



2. *Daphnia magna*



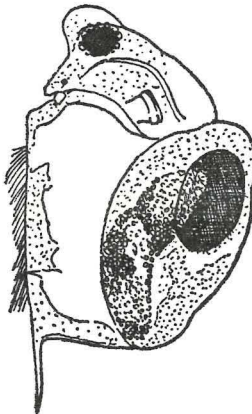
3. *Daphnia longispina*



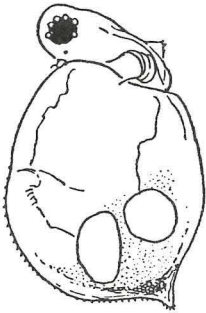
4. *Daphnia cucullata*



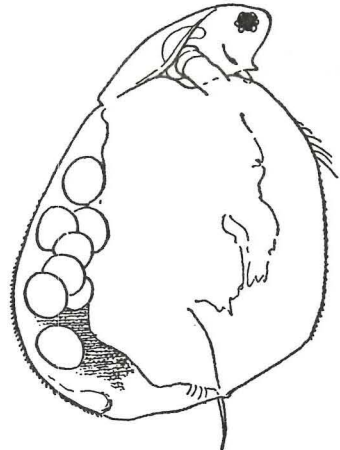
5. *Daphnia cristata*



6. *Scapholeberis mucronata*



8. *Ceriodaphnia reticulata*



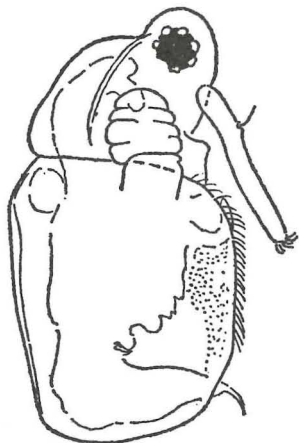
7. *Simocephalus vetulus*

Tafel 10: Wasserflöhe (Cladocera) Fortsetzung

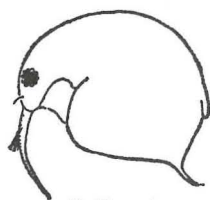
- Abb. 1** *Moina rectirostris* (Tümpelwasserfloh). Schalenunterseite mit Borsten bedeckt. 1. Antenne lang und beweglich. Tümpelform.
- Abb. 2** *Bosmina longirostris* (Weiherrüsselkrebs). 1. Antenne rüsselartig. Körper mit rundem Buckel (s. T. 35/1).
- Abb. 3** *Eubosmina coregoni* (Seerüsselkrebs). 1. Antenne oft riesig. Ohne hinteren Schalenzipfel.
- Abb. 4** *Alona costata* (Rippenkrebschen). Weibchen bis 600 μm lang. Schalen gestreift. Litoralform.
- Abb. 5** *Alonella exigua* (Zwergkrebschen). Schalen gefeldert. Länge 400 μm . Uferform.
- Abb. 6** *Eurycerus lamellatus* (Breitschwanzkrebschen). Kopf groß und hoch. Rostrum gebogen. 1. Antenne groß, Rostrumspitze überragend. Litoralform.
- Abb. 7** *Acantholeberis curvirostris* (Moorkrebschen). 1. Antenne lang und gebogen. Borsten am Hinterrand teilweise sehr lang. Hochmoortümpel.
- Abb. 8** *Chydorus sphaericus* (Linsenkrebschen). Umriß fast kreisrund. 400 μm . Uferform.
- Abb. 9** *Polyphemus pediculus* (Raubwasserfloh). Kopf groß mit halbkugeligem Komplexauge. Litoral, Moorgewässer (s. T. 35/2).
- Abb. 10** *Leptodora kindtii* (Glaskrebs). 10 mm lang. Durchsichtig. Planktisch im freien Wasser.

Tafel 10: Wasserflöhe

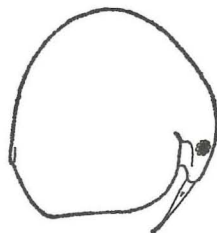
Cladocera



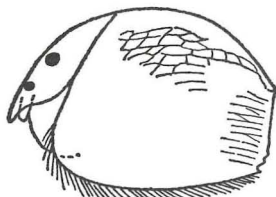
1. *Moina rectorostris*



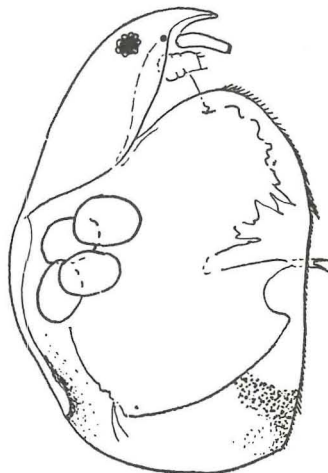
2. *Bosmina longirostris*



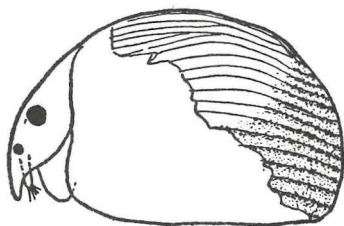
3. *Eubosmina coregoni*



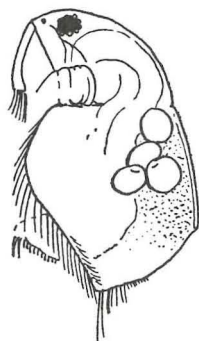
5. *Alonella exigua*



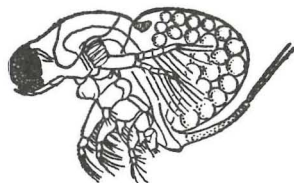
6. *Eurycercus lamellatus*



4. *Alona costata*



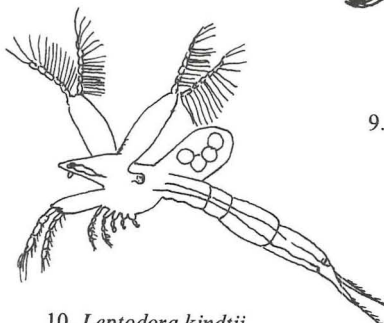
7. *Acantholeberis curvirostris*



9. *Polyphemus pediculus*



8. *Chydorus sphaericus*



10. *Leptodora kindtii*

Tafel 11: Süßwasserschwämme (Spongillidae, Porifera)

Skelett aus Kieselsäurenadeln, durch Spongine verklebt. In hohlen Kammern Kragengeißelzellen. Keine Sinnesorgane. Getrenntgeschlechtlich. Iodhaltig. Symbiose mit Grünalgen. Meiden Tümpel.

- Abb. 1** *Spongilla lacustris*. Häufigster Süßwasserschwamm. Bildet Kolonien. Bestimmung vor allem nach Form der Skelettnadeln.

Hydropolypen (Hydrozoa, Cnidaria)

12 Arten im Süßwasser. Nesselkapsel auf Tentakeln zu Batterien vereinigt, dienen dem Nahrungserwerb. Sehr regenerationsfähig. Vermehrung durch Knospung, auch geschlechtlich.

- Abb. 2** *Hydra* (Grüner und brauner Süßwasserpolyp). Mikroskopisch nach den Nesselkapseln zu unterscheiden. Grüne Farbe durch eingelagerte Algen.
ohne Abb. *Craspedacusta sowerbi*. Meduse in industriell aufgeheizten Gewässern.

Fadenwürmer (Nematodes)

- Abb. 3** *Gordius aquaticus* (Wasserkalb). Häufig in Tümpeln. Ernährung unbekannt. Getrenntgeschlechtlich. Entwicklung zum Wurm in verschiedenen Insekten. Trockenresistent durch Cystenbildung. Larvenstadium.

Strudelwürmer (Turbellaria, Plathelminthes)

Mit dichtem Wimperkleid. Auf der Haut Sekretkörper zur Bildung von Schutzhüllen beim Trockenfallen des Biotops.

- Abb. 4** *Polycelis cornuta*. Mit zahlreichen Randaugen am 18 mm langen Kopf. S. auch T. 26/14.
Abb. 5 *Crenobia alpina*. Kaltstenotherm. Meidet saure Gewässer. 16 mm lang.
Abb. 6 *Dendrocoelum lacteum*. Farbe milchweiß. Zwei schwarze Augen nahe am Vorderrand. Kopfende abgestutzt. Bis 26 mm lang. S. auch T. 26/15.
Abb. 7 *Planaria torva*. Vorderende abgerundet. 2 Augen mit pigmentlosen Höfen, vom Stirnrand entfernt. 20 mm lang. Kleingewässer.
Abb. 8 *Polycelis nigra*. Zahlreiche kleine Augen an den Rändern des Vorderendes. Bis 12 mm lang. Kleingewässer.
Abb. 9 *Euplanaria lugubris*. Vorderende herzförmig. Unempfindlich gegen organische Verunreinigungen und Temperaturänderungen. Bis 20 mm lang.
Abb. 10 *Euplanaria gonocephala*. Vorderende dreieckig, scharf ausgeprägt. Bis 25 mm lang. Reinwasserform. S. auch T. 25/14.
Abb. 11 *Mesostoma ehrenbergi*. In klarem Wasser mit Lehmgrund. 15 mm lang.

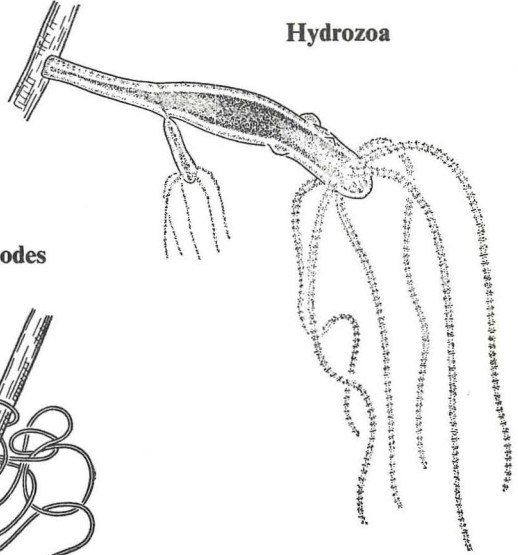
Tafel 11: Süßwasserschwämme, Hydropolypen, Fadenwürmer und Strudelwürmer

Spongillidae



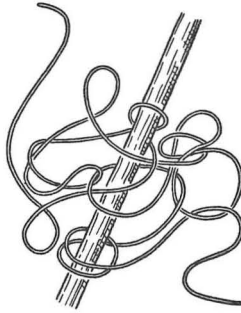
1. *Spongilla lacustris*

Hydrozoa



2. *Hydra*

Nematodes



3. *Gordius aquaticus*

Turbellaria



4. *Polycelis cornuta*



5. *Crenobia alpina*



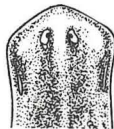
6. *Dendrocoelum lacteum*



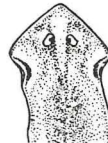
7. *Planaria torva*



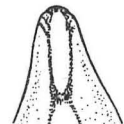
8. *Polycelis nigra*



9. *Euplanaria lugubris*



10. *Euplanaria gonocephala*



11. *Mesostoma ehrenbergi*

Tafel 12: Borstenwürmer (Oligochaeta)

Körper gegliedert, Kopfabschnitt nicht deutlich gesondert. Nie mit Fühlern. Getrenntgeschlechtlich, auch ungeschlechtlich, dann Tierketten bildend, Zwitter, Eier in Kokkons. Schlammbewohner, Pflanzenfresser. Keine Larvenbildung. Großes Regenerationsvermögen. Hautatmung.

- Abb. 1** *Stylaria lacustris*. Fadenförmig ausgezogenes Kopfende. Bis 18 mm lang. Stets Augenflecke. Guter Schwimmer. Stehende, pflanzenreiche Gewässer. S. auch T. 26/16.
- Abb. 2** *Tubifex tubifex* (Schlammröhrenwurm). Farbe rötlich. Bis 8 cm lang. Auch verschmutzte Gewässer. Röhren bauend. Schlängelnde Atembewegungen des Hinterendes.

Egel (Hirudinaea)

Pflanzenreiche, seichte Gewässer. Starrezustand im Schlamm als Schutz gegen Einfrieren. Lichtscheu. Spannerraupenartige Bewegungsweise. Raubtiere und Blutsauger. Hautatmung. Zwitter, Eier in Kokkons, Brutpflege. Mit Saugscheiben. Augenflecke für die Bestimmung wichtig.

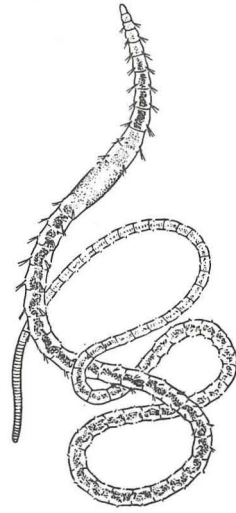
- Abb. 3** *Piscicola geometra* (Gemeiner Fischegel). Fischechmarotzer. 4 Augen auf Mundsaugnapf. Länge bis 10 cm. Körper rund. Hintere Haftscheibe mit dunklen Radialen. Stehende Gewässer.
- Abb. 4** *Hirudo medicinalis* (Gemeiner Blutegel). Farbe veränderlich, nie einfarbig, Grundfarbe braun bis dunkelgrün, Rücken mit roten oder braunen Längsbändern oder Flecken. Bis 150 mm lang. Saugt Blut von Säugetieren. In Moorgewässern.
- Abb. 5** *Hemiclepsis marginata*. Mundscheibe herzförmig, vorn zugespitzt. Rücken grünlich oder rötlich-braun mit reihenförmigen gelben Flecken. 25–30 mm lang. Saugt Blut. In stehenden Gewässern an Steinen und Pflanzen.
- Abb. 6** *Herpobdella octoculata*. (Rollegel). Gelbliche Querreihen am Rücken. Bis 60 mm lang. Eihäufchen mit brauner Hülle oft an Steinen in stehenden und fließenden Gewässern. S. auch T. 27/15.
- Abb. 7** *Glossiphonia complanata*. Körper stark abgeflacht, auf jedem dritten Segment Warzen in 6 Längsreihen, meist sehr bunt durch gelbe oder braune Flecken. Bis 30 mm lang. Stehende Gewässer.
- Abb. 8** *Glossiphonia heteroclita*. Rücken ohne Warzen. Bis 10 mm lang. Brutfürsorge. In stehenden und fließenden Gewässern an Wasserpflanzen und Steinen.
- Abb. 9** *Helobdella stagnalis*. Einfarbig, hell mit dunklem Fleck auf dem Rücken, 2 Augen. Bis 12 mm lang. Saugt Blut. Betreibt Brutpflege. Stehende Gewässer.

Tafel 12: Borstenwürmer und Egel

Oligochaeta



1. *Stylaria lacustris*

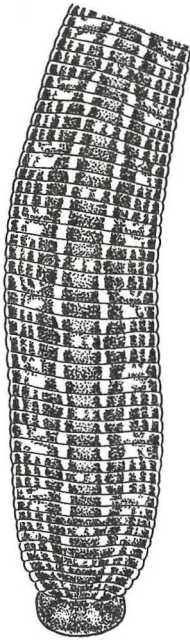


2. *Tubifex tubifex*

Hirudinea



3. *Piscicola geometra*



4. *Hirudo medicinalis*



5. *Hemiclepsis marginata*



6. *Herpobdella octoculata*



7. *Glossiphonia complanata*



8. *Glossiphonia heteroclita*



9. *Helopdella stagnalis*

Tafel 13: Flohkrebse (Amphipoda, Crustacea)

- Abb. 1** *Gammarus pulex* (Bachflohkrebs). Bis 24 mm lang. Leitform für sauerstoffreiche, klare, kühle Bäche. Findet sich auch in der Pflanzenzone der Seen und in stehenden Kleingewässern.

Asseln (Isopoda, Crustacea)

- Abb. 2** *Asellus aquaticus* (Wasserassel). Bis 12 mm lang. Unverwechselbar durch typische Asselform. In stehenden und langsamfließenden Gewässern zwischen Laub und verwesenden Pflanzenteilen. Farbe grau-braun.

Spinnen (Arachnoidea)

4 Beinpaare, Kopf und Brust verschmolzen. Ohne Flügel und Antennen. Luftatmend.

- Abb. 3** *Argyroneta aquatica* (Wasserspinnne). In Gewässern verschiedenster Art, auch Moorweiher, Torfstiche und Gräben. Glockenförmige Netze aus Spinnfäden. Nahrung: Larven von Wasserinsekten, Wasserasseln und Kleinkrebse.

Eintagsfliegen (Ephemeroptera)

Hinterende mit meist 3 langen Schwarzborsten. Weniger an O₂-reiches Wasser gebunden als Steinfliegen, daher einige Arten auch in Tümpeln.

- Abb. 4** *Cloëon* sp. S. auch T. 26/19.

- Abb. 5** *Baëtis* sp. Cloëonarten kommen in stehenden oder langsam fließenden Gewässern vor. Sie gehören zu den gut schwimmenden Formen und besitzen 7 Paar Kiemenblätter aus ungleichen Teilen. Länge 5–9 mm. Artbestimmung schwierig. Erwachsene Larven erkenntlich an den schwarz-braunen Flügelscheiden, die bis zu den Hinterleibsabschnitten reichen. Imago lebt nur wenige Stunden (Name!), Larven etwa ein Jahr. Massenschwärme zur Paarung.

- Abb. 6** *Heptagenia*. In Fließgewässern und klaren Seen.

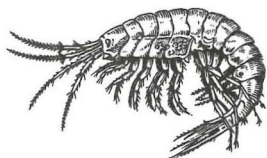
Steinfliegen (Plecoptera)

Vorwiegend in fließenden Gewässern. 3-gliedrige Füße mit je 2 Klauen und stets mit 2 langen fadenförmigen Anhängen des Hinterleibs (Cerci). Hohes Sauerstoffbedürfnis. Auf und unter Steinen.

- Abb. 7** *Perla* sp. In größeren Fließgewässern an Steinen. Lebhaft bunt gefärbt. Stark abgeplattet. Zusätzlich Tracheenkiemen am Hinterende zwischen den Schwanzfäden. S. auch T. 25/16.

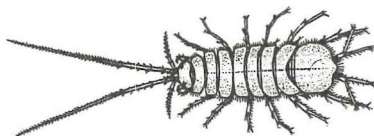
Tafel 13: Flohkrebse, Asseln, Spinnen, Eintagsfliegen und Steinfliegen

Amphipoda



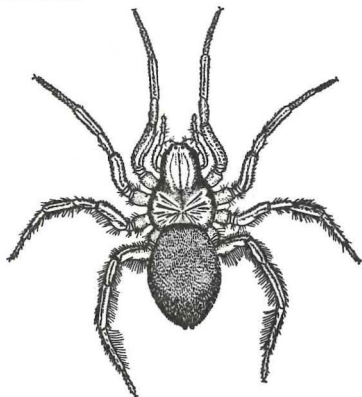
1. *Gammarus pulex*

Isopoda



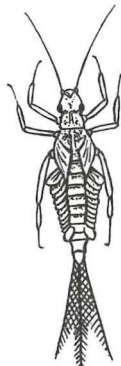
2. *Asellus aquaticus*

Arachnoidea

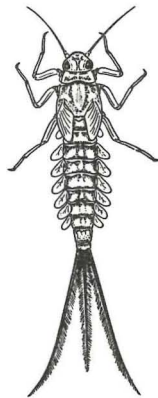


3. *Argyroneta aquatica*

Ephemeroptera

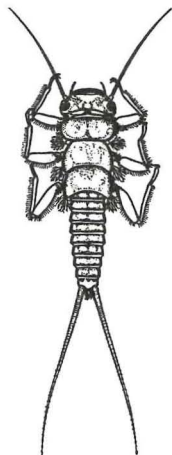


4. *Cloëon*

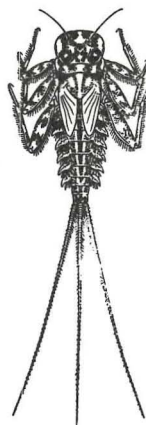


5. *Baëtis*

Plecoptera



7. *Perla*



6. *Heptagenia*

Tafel 14: Wasserwanzen (Heteroptera)

Unvollständige Verwandlung. Stechrüssel. Wasserläufer ausschließlich auf der Wasseroberfläche. Wasserwanzen im i. e. S. immer im Wasser.

- Abb. 1** *Gerris* (Wasserläufer). Ruckartige Fortbewegungen, weite Sprünge. Bis 17 mm lang. Insektenfresser.
- Abb. 2** *Ranatra linearis* (Stabwanze). Länge ohne Atemrohr 30–50 mm. Schlechte Schwimmer, stehende Gewässer.
- Abb. 3** *Hydrometra stagnorum* (Teichläufer). Kopfteil vor den Augen doppelt so lang wie dahinter.
- Abb. 4** *Nepa rubra* (Wasserskorpion). Körper abgeplattet, länglich oval. Bis 22 mm lang. Räuberisch in Flachgewässern.
- Abb. 5** *Naucoris* (Schwimmwanze). 12–16 mm lang. Sticht schmerzhaft. Stehende Gewässer.
- Abb. 6** *Notonecta glauca* (Rückenschwimmer). 14–16 mm lang. Stehende Gewässer.
- Abb. 7** *Velia* (Stoßwasserläufer). Länge 7 mm. Oberseite schwarz. Unterseite gelb.
- Abb. 8** *Corixa* (Wasserzikade). Länge bis 15 mm. Durch Lufthülle leichter als Wasser. Guter Schwimmer und Flieger.

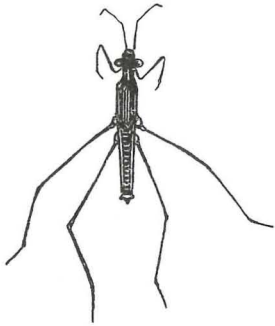
Käfer (Coleoptera)

3 Familien an Wasser gebunden. Nur wenige Arten, die biotopspezifisch sind. Da zumeist gut flugfähig, ist es ihnen möglich, Biotope schnell zu wechseln. Können praktisch in den meisten Gewässern als Larven gefunden werden, ohne daß daraus ökologische Folgerungen abzuleiten sind.

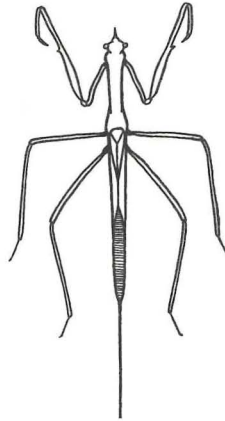
- Abb. 9** *Dytiscus marginalis* (Gelbrand). Bauchseite gelb. Bis 35 mm lang. Schwimmkäfer, Tracheenatmer. Auch die Larven atmen Luft. Stehende Gewässer.
- Abb. 10** *Gyrinus* (Täumelkäfer). 5–7 mm lang. Schwimmt geschickt in Kreisbögen auf der Wasseroberfläche. Augen geteilt für Luft- und Unterwassersicht. Stehende Gewässer. 10 Arten in Deutschland.

Tafel 14: Wasserwanzen und Wasserkäfer

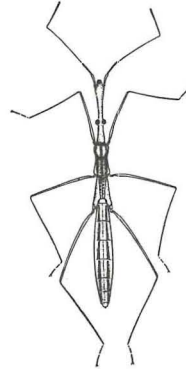
Heteroptera



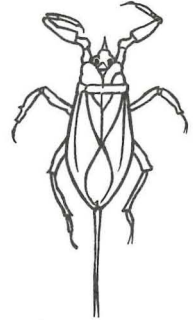
1. *Gerris*



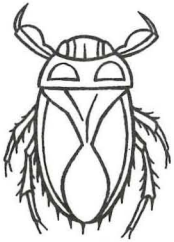
2. *Ranatra*



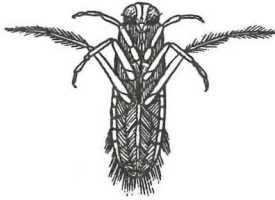
3. *Hydrometra*



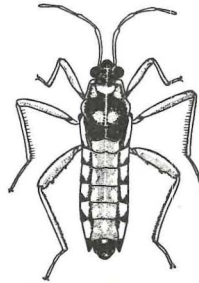
4. *Nepa rubra*



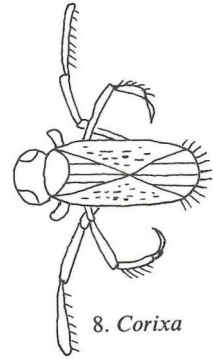
5. *Naucoris*



6. *Notonecta*

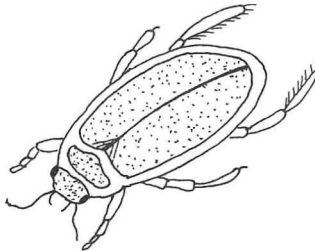


7. *Velia*

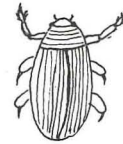


8. *Corixa*

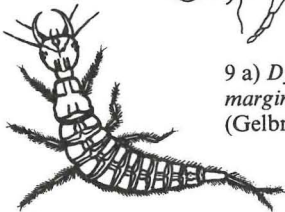
Coleoptera



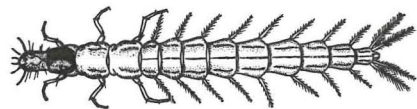
9 a) *Dytiscus marginalis*
(Gelbrand)



10 a) *Gyrinus*
(Taumelkäfer)



9 b) Gelbrandlarve (nach REITTER)



10 b) Taumelkäferlarve

Tafel 15: Libellen (Odonata)

a) Großlibellen (Anisoptera)

Hinterleib ohne Schwanzkiemen mit 5-stacheliger Pyramide. Larvenhäute (Exuvien) an Pflanzenstengeln, Verwandlungszeit bis zu 5 Jahren. Kein Puppenstadium. Imagines schnelle Flieger (15 m/s.). Flügel in der Ruhe waagrecht ausgebreitet. Mittelgroße bis große Formen.

Abb. 1 *Aeschna viridis*. In Gewässern mit Krebschere. Larven mit Fangmaske.

Abb. 2 *Libellula depressa* (Plattbauch). Hinterleib seitlich zusammengedrückt.

ohne Abb. *Cordulia aenea*. Fangmaske helmartig. Hinterbeine überragen das Hinterleibsende. Stehende und langsam fließende Gewässer.

b) Kleinlibellen (Zygoptera)

Kleine bis mittelgroße Formen (Schlangjungfern). Flügelpaare in Ruhelage über dem Rücken zusammengelegt, fliegen langsam. Hinterleib lang und dünn. Larven räuberisch, mit 3-blättrigen Anhängen am Hinterleibsende als Ruder- und Steuerorgane. Larven mit Flügelsätzen (Nymphen).

Abb. 3 *Lestes viridis*. Metallisch grün. Larven in Kleingewässern aller Art. Bis 30 mm lang. Mit Schwanzblättern, diese mit rechtwinkligen Seitenadern. Helmmaske mit langem Stiel. Entwicklungszeit 8–10 Wochen.

ohne Abb. *Agrion (Calopteryx) puella*. Weibchen grün, Männchen himmelblau. In Fließgewässern.

Köcherfliegen (Trichoptera)

Nach Stellung des Kopfes zum Körper unterscheidet man eruciforme (raupenförmige) und campodeide Larven. Erstere bauen röhrenförmige Köcher aus Seidengespinnst, das in stehenden Gewässern mit leichtem, in fließenden Gewässern mit schwerem Fremdmaterial außen belegt wird. Baumaterial nach Arten, Biotopen, Jahreszeiten und Alter der Larven verschieden. Campodäide bauen Gespinste (Fangnetze) in bewegtem Wasser.

Abb. 4 *Limnophilus*. Beispiel einer eruciformen Larve.

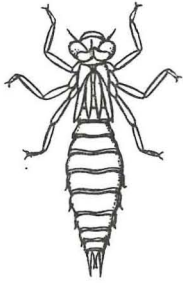
Abb. 5 *Hydropsyche*. Beispiel einer campodäiden Form. S. auch T. 26/18.

Abb. 6 Köcher von *Limnophilus* aus verschiedenen Baumaterialien.

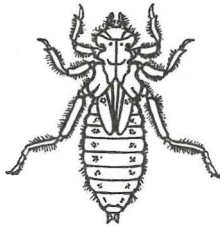
Abb. 7 Imago einer Köcherfliege.

Tafel 15: Libellen und Köcherfliegen

Anisoptera

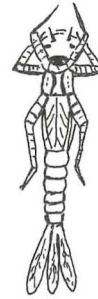


1. *Aeschna viridis*



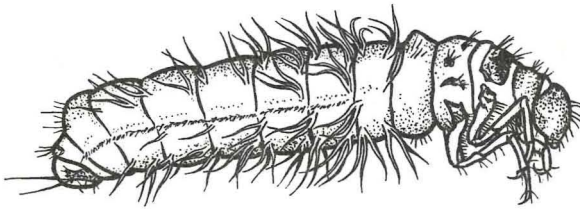
2. *Libellula depressa*

Zygoptera



3. *Lestes viridis*

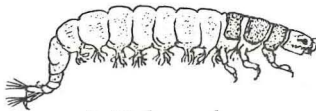
Trichoptera



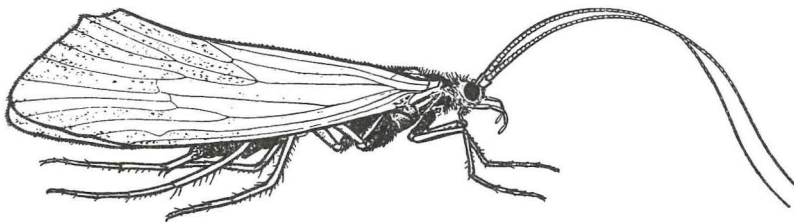
4. *Limnophilus*



6. Köcher



5. *Hydropsyche*



7. Köcherfliege (Imago)

Tafel 16: Zuckmücken (Chironomidae)

Im Gegensatz zu den Käfern sind die Zuckmücken sehr charakteristisch für bestimmte Biotope. Darin liegt ihre Bedeutung als Indikatoren für Wasserqualität. Die Bestimmung der Arten ist schwierig und erfordert Züchtung. Die große Artenfülle ist nur für Spezialisten überschaubar. *Chironomiden*larven füllen in riesigen Mengen den Boden der Gewässer, beim Schwärmen verschleiern sie die Sonne (Schwarmmücken). *Chironomiden* haben kein Stechrüssel. Die Larven sind wichtige Fischnährtiere, die rote Form mit Hämoglobin dient als Futter für Aquarienfische. Hautatmung, Analkiemien.

- Abb. 1** *Chironomus plumosus*. Larve am 10. Segment mit 2 kurzen Schläuchen (s. T. 28/17).
Abb. 2 *Chironomus liebeli-bathophilus*. Larve mit kürzeren Blutkiemen am 11. Segment.
ohne Abb. *Chironomus thummi*. Abwasserform ohne Schläuche am 10. Segment. Alle *Chironomus* mit Analkiemien.
Abb. 3 *Lauterbornia coracina*. Keine Kiemenschläuche am 11. Segment.
ohne Abb. *Tanytarsus*. Mit hohem Anspruch an O₂. In nährstoffarmen Gewässern.
Abb. 4 *Tanipus*. Lebt nicht in Röhren. Mit einziehbaren Antennen. Farben selten rot. Leben räuberisch.

Stechmücken (Culicidae, Diptera)

2 blutsaugende Gattungen: *Culex* und *Anopheles*. Weibchen stechen und saugen Blut, damit Eier reifen. Männchen leben von Blütennektar und Wasser. Larve von *Anopheles* (Malaria mücke) hängt waagrecht an der Wasseroberfläche. Larve von *Culex* hängt mit Atemrohr senkrecht an der Oberfläche.

- Abb. 5** *Culex*larve. a) Rückenansicht. b) Seitenansicht. c) Puppe. Larve hat am 8. Hinterleibssegment nach oben ziehende Atemröhre als Aufhängeapparat.
ohne Abb. *Anopheles maculipennis* (Malaria mücke). Überträger des Sumpffiebers in Südeuropa.
ohne Abb. In kleinen Gewässern, vor allem Waldtümpeln, leben 2 Stechmückenarten. In Norddeutschland sticht *Aedes*, in Süddeutschland *Culex*.

Die Gattung *Corethra* (Büschelmücken); Glasklar, durchsichtig. Antennen am Vorderrand des Kopfes dienen als Fangapparate. Nahrung *Cladoceren* und *Copepoden*. Am letzten Hinterleibssegment Schwimmfächer. In stehenden Gewässern vom Tümpel bis zum See. Tracheenblasen dienen als hydrostatischer Apparat. Hautatmung. Geringer Sauerstoffbedarf. Vertikalwanderungen. Geeignet für Aquarienversuche.

- Abb. 6** *Anopheles* (Imago)
Abb. 7 *Corethra plumicornis* (Büschelmücke)
Abb. 8 *Dixa* (Tastermücke). Auf überspülten Pflanzen oder Felsen. U-förmige Krümmung des Körpers.

Tafel 16: Zuck- und Stechmücken

Chironomidae



1. *Chironomus plumosus*



2. *Chironomus liebeli-bathophilus*

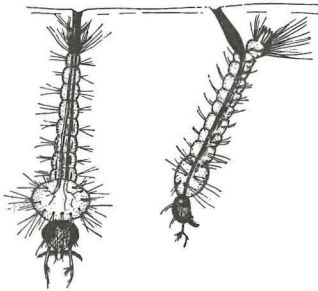


3. *Lauterbornia*



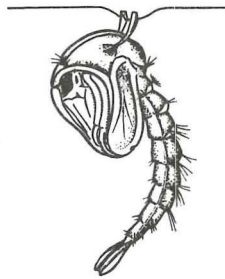
4. *Tanipus*

Culicidae

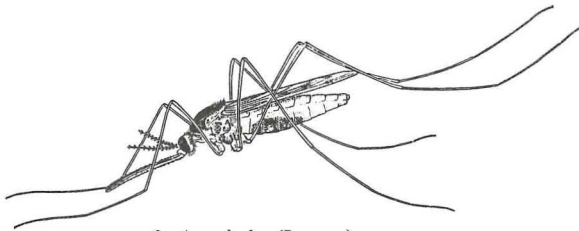


5 a) *Culex*

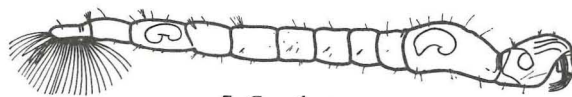
b)



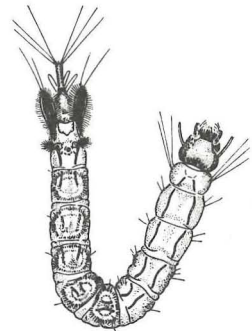
c)



6. *Anopheles* (Imago)



7. *Corethra plumicornis*



8. *Dixa*

Tafel 17: Weitere Zweiflügler (Diptera)

- Abb. 1** *Bezzia* (Gnitze). Länge bis 14 mm. Gute Schwimmer, Raubtiere. Imagines saugen Blut. Stich schmerzhaft.
- Abb. 2** *Simulium* (Kriebelmücke). Ausschließlich in Fließgewässern. Auf Steinen oder Pflanzen festsitzend.
- Abb. 3** *Stratiomys* (Waffenfliege). In Tümpeln und Weihern. Mit atemrohrartig verlängertem Hinterleibssegment. Lebt von Algen. Imago schmeißfliegenartig. Siehe auch T. 27/17.
- Abb. 4** *Eristalis* (Schwebfliege). Leben vorzugsweise in stehenden, nährstoffreichen Gewässern, auch im Abwasser.

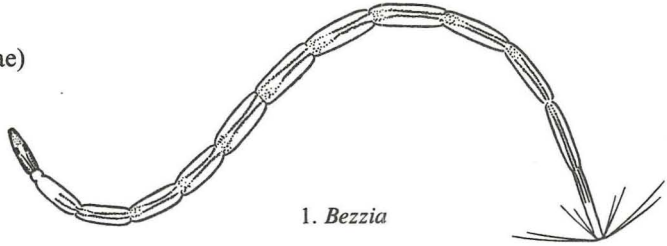
Netzflügler (Neuroptera)

- Abb. 5** *Sialis* (Schlammfliege). Gehört zur Ordnung der Netzflügler. Larven ohne Gehäuse mit dickem Kopf und kräftigem Kiefer, ähnlich den Käferlarven. Von diesen deutlich durch langen Schwanzstachel und seitlich gestellte Tracheenkiemen zu unterscheiden. Nahrung andere Insektenlarven. S. auch T. 27/16.

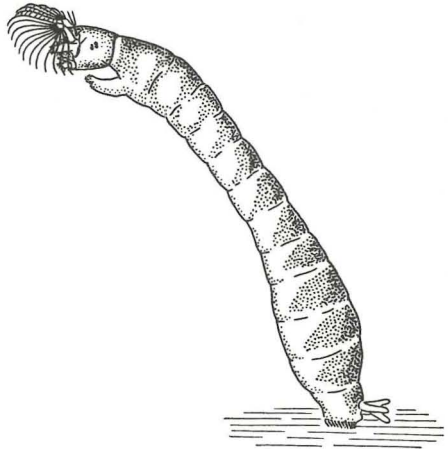
Tafel 17: Weitere Zweiflügler (Diptera) und ein Netzflügler (Neuroptera)

Diptera

Gnitzen (Ceratopogonidae)



Kriebelmücken (Simuliidae)



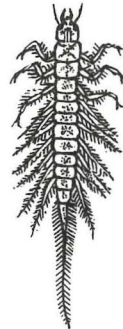
Waffenfliegen (Stratiomyidae)



Neuroptera

Schlammfliegen (Megaloptera)

Schwebfliegen (Eristalinae)



Tafel 18: Weichtiere (Mollusca) – Schnecken (Gastropoda)

– Übersicht über Schnecken mit spitzem Gehäuse (Tafel 18 und 19) –
(H = Höhe, B = Breite, in cm)

Wasserlungenschnecken (*Basommatophora*)

a) Schlamm Schnecken (*Lymnaeidae*)

- Abb. 1/2** *Lymnaea stagnalis*, Spitzhornschnecke. Form aus kalkarmem Stillwasser. Spindelfalte deutlich, letzter Umgang bauchig. Sehr variabel in der Form. In Kleingewässern spitze, dunkle Formen. Liebt pflanzenreiche, ruhige Gewässer. In ganz Deutschland, nicht im Hochgebirge.
- Abb. 3** *Lymnaea balthica* (*Radix balthica*). Spindel gerade, Schale eiförmig. Gewässer aller Art, in ganz Deutschland. Sehr variabel. *f. ovata* in Seen, *f. peregra* in Kleingewässern, *f. ampla* in Fließgewässern.
- Abb. 4** *Lymnaea auricularia* (*Radix auricularia*), Ohrschlamm Schnecke. Kleines, spitzes Gewinde, Öffnung breit, ohrförmig, letzter Umgang sehr groß. In pflanzenreichen Gewässern, Altwässern, Seebuchten.
- Abb. 5** *Lymnaea truncatula*, (*Galba truncatula*), Leberegel Schnecke. Windungen stark gewölbt. In Deutschland allgemein in Kleingewässern wie Gräben und Quellen, auch über dem Wasserspiegel. Zwischenwirt von *Fasciola hepatica*.
- Abb. 6** *Lymnaea glabra*, (*Galba glabra*). Gewinde schlank, turmförmig, schwach gewölbt. Vor allem im Flachland Nordwestdeutschlands, im Osten und Süden selten. Gräben und Sümpfe.
- Abb. 7** *Lymnaea palustris* (*Galba palustris*), Sumpfschlamm Schnecke. Forma variabel. Große Anpassungsbreite. In Deutschland allgemein in stehenden Gewässern, auch im Brackwasser.

b) Blasenschnecken (*Physidae*)

- Abb. 8** *Physa fontinalis*, Blasenschnecke. Schale linksgewunden, eiförmig, dünn, Gewinde kurz stumpf, letzter Umgang groß. Nicht im Gebirge. Klare, pflanzenreiche stehende Kleingewässer.

Landlungenschnecken (*Stylommatophora*)

a) Bernsteinschnecken (*Succinēidae*)

- Abb. 9** *Succinea putris*, Bernsteinschnecke. Letzter Umgang besonders groß, oben scharf zugespitzt. An Wasserpflanzen in Feuchtgebieten.

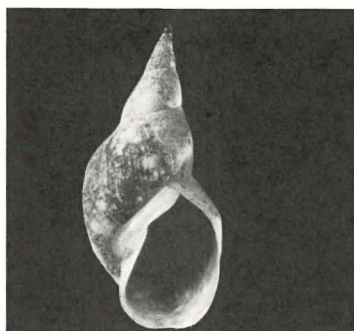


Abb. 1: *Lymnaea stagnalis* L.
Mündungsseite. H = 48, B = 21



Abb. 2: *Lymnaea stagnalis* L.
Rückseite

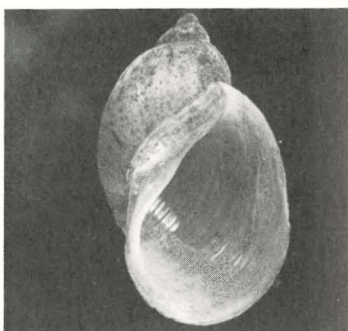


Abb. 3: *Lymnea balthica* f. *ovata* L.
H = 32, B = 19

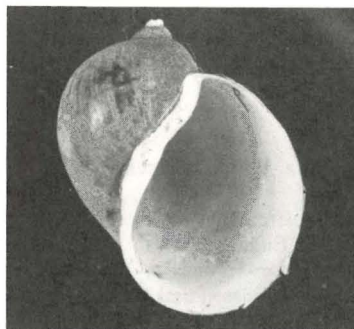


Abb. 4: *Lymnea auricularia* L.
H = 30, B = 25

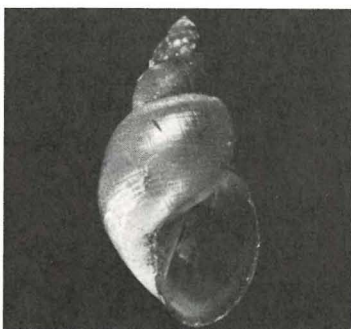


Abb. 5: *Lymnea truncatula* MÜLL.
H = 10, B = 5



Abb. 6: *Lymnea glabra* MÜLL.
H = 12, B = 4,5

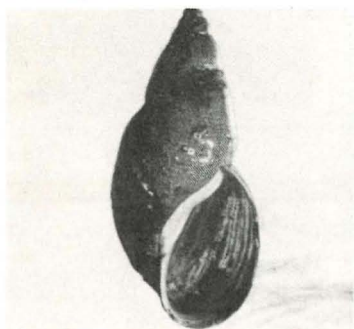


Abb. 7: *Lymnea palustris* MÜLL.
H = 25, B = 11

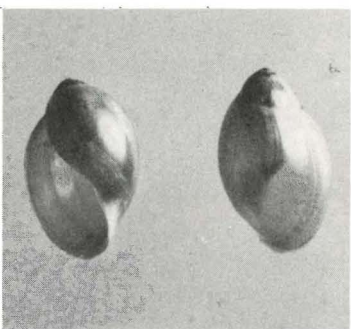


Abb. 8: *Physa fontinalis* L.
H = 9,5, B = 6

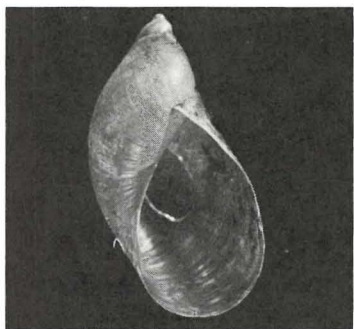


Abb. 9: *Succinea putris*

Tafel 19: Weichtiere (Mollusca) – Schnecken (Gastropoda)

– Übersicht über Schnecken mit spitzem Gehäuse (Tafel 18 und 19) –

Vorderkiemer (*Prosobranchia*)

a) Sumpfdeckelschnecken (*Viviparidae*)

- Abb. 1** *Viviparus contectus*, Sumpfdeckelschnecke. Stufig abgesetzte Windungen. Offen genabelt. Schalenspitze scharf und stechend. Tieflandsform, ruhige pflanzenreiche, schlammige Gewässer.
- Abb. 2** *Viviparus viviparus*. Fließwasserform. Nabel fast geschlossen, Schalenspitze nicht scharf. Im Gebiet von Rhein, Mosel und Main.
- Abb. 3** *Bulimus tentaculatus*, Kleine Sumpfdeckelschnecke. Schale matt, hornfarben. Umgänge schwach gewölbt. Detritusfresser. Deutschland allgemein, stehende und langsam fließende Gewässer.
- Abb. 4** *Bulimus leachi* (auch *B. limosus*). Umgänge mit tiefer Naht, Schale gelb-grau-grünlich. Fehlt in Süddeutschland. Pflanzenreiche, ruhige Kleingewässer.

b) Schnauzenschnecken (*Hydrobiidae*)

- Abb. 5** *Lithoglyphus naticoides*. Schale kugelig, Gewinde kurz. Mündung sehr schief. In Deutschland verstreut (ingeschleppt).
- Abb. 6** *Bythinella dunkeri*. Quellschnecke. In kühlem sauerstoffreichem Wasser, an Laub, Wasserpflanzen und Steinen in Westdeutschland. Gilt als Eiszeitrelikt.
- Abb. 7** *Potamopyrgus jenkinsi*. In Deutschland eingewandert. Vorwiegend im Brackwasser. Auch in versalzten Flüssen wie Rhein und Weser mit Nebenflüssen und Kanälen.

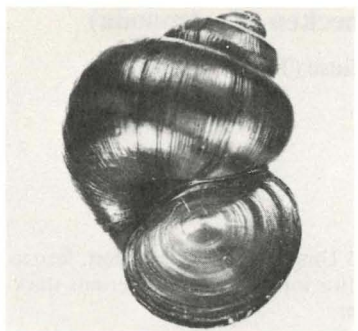


Abb. 1: *Viviparus contectus*
MILLET. H = 30, B = 24

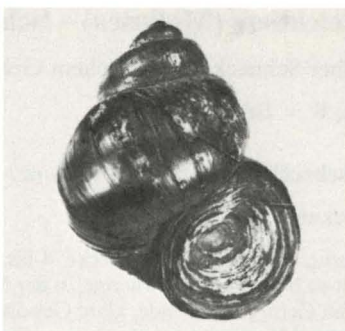


Abb. 2: *Viviparus viviparus* L.
H = 30, B = 20

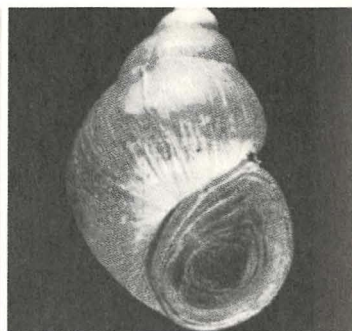


Abb. 3: *Bulimus tentaculatus* L.
H = 10, B = 7

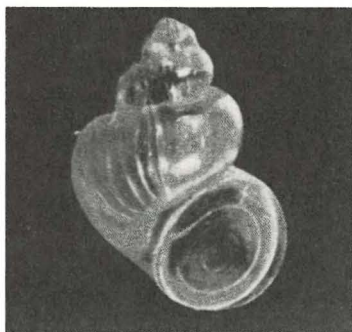


Abb. 4: *Bulimus leachi* SHEPPARD.
H = 6, B = 4

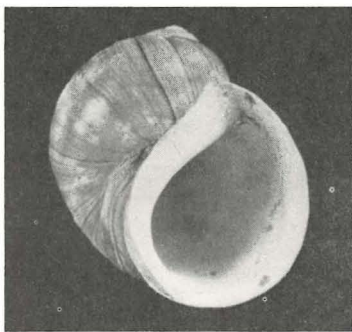


Abb. 5: *Lithoglyphus naticoides*
C. PFEIFFER. H = 7, B = 6,8

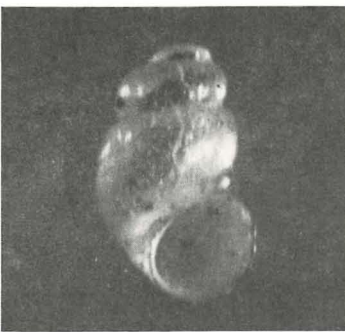


Abb. 6: *Bythinella dunkeri*
V. FRAUENFELD. H = 2,6, B = 1,6

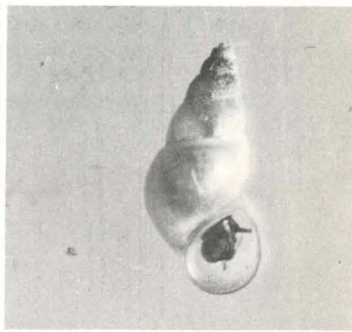


Abb. 7: *Potamopyrgus jenkinsi*
E. A. SMITH. H = 4, B = 2

Tafel 20: Weichtiere (Mollusca) – Schnecken (Gastropoda)

– Übersicht über Schnecken mit flachem Gehäuse (Tafel 20 und 21) –
(H = Höhe, B = Breite, in cm)

Wasserlungenschnecken (*Basommathophora*)

a) Tellerschnecken (*Planorbidae*)

- Abb. 1** *Planorbis carinatus*, Gekielte Tellerschnecke. 4 bis 5 Umgänge, rasch erweitert, letzter mehr als doppelt so breit wie der vorherige, in der Mitte scharf gekielt, beiderseits stark gewölbt. Nicht im Gebirge. Stehende, klare Gewässer.
- Abb. 2** *Planorbis carinatus*. Mündungsseite.
- Abb. 3** *Planorbis planorbis*, Gerandete Tellerschnecke. 5 bis 6 Umgänge, langsam erweitert, mit scharfem Kiel an der Unterseite, oben stärker gewölbt als unten. Nicht im Gebirge. Stehende Gewässer aller Art.
- Abb. 4** *Anisus vortex*. 6 bis 7 Umgänge, sehr langsam erweitert, oben stark gewölbt, unten ganz flach, scheibenförmig, schüsselförmig. Kiel scharf, der Unterseite genähert. Gehäuse dünnwandig. Pflanzenreiche Gewässer.
- Abb. 5** *Anisus vortex*. Unterseite.
- Abb. 6** *Anisus vortex*. Mündungsansicht.
- Abb. 7** *Anisus leucostomus*. 6 bis 7 stumpfgewinkelte Umgänge mit meist rostfarbenem, dunklem Belag. Seen und Tümpel. Verträgt Austrocknung (Schleimbildung).
- Abb. 8** *Planorbarius corneus*, Posthornschncke. Schale fest, dunkelbraun. N-Deutschland allgemein, nicht im Mittelgebirge, in S.-Deutschland verstreut. Ruhige, pflanzenreiche Kleingewässer.
- Abb. 9** *Bathyomphalus contortus*. 7 bis 8 Umgänge, viel höher als breit. Riemenartig aufgerollt, Mündung schmal, mondformig, Nabel tief, trichterförmig. In ganz Deutschland häufig in stehenden Gewässern.
- Abb. 10** *Bathyomphalus contortus*. Unterseite.
- Abb. 11** *Gyraulus albus*. Schale mit Gitterstruktur. 4 bis 4,5 Windungen, letzte mehr als doppelt so breit wie die vorherige, oben abgeflacht, Mündung schief. Nicht im höheren Gebirge. Gewässer aller Art.
- Abb. 12** *Gyraulus albus*. Unterseite.

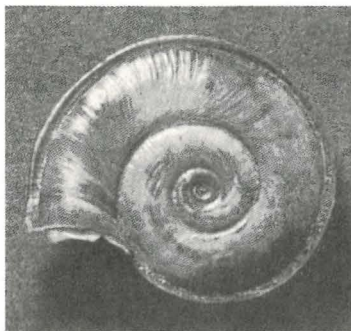


Abb. 1: *Planorbis carinatus*.
Oberseite. D = 14

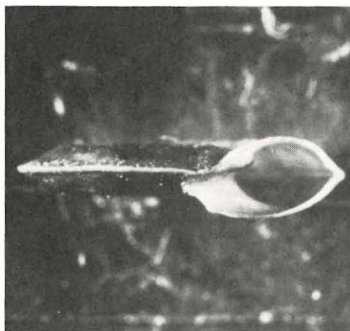


Abb. 2: *Planorbis carinatus*.
Mündungsseite. D = 14

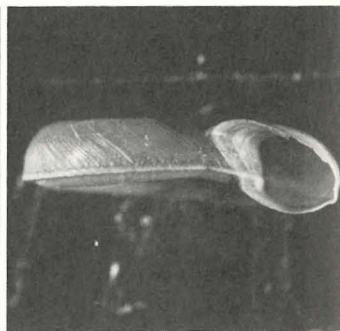


Abb. 3: *Planorbis planorbis*.
D = 12



Abb. 4: *Anisus vortex* L. D = 9

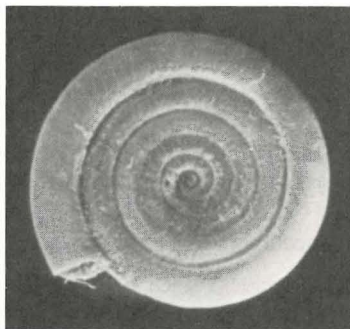


Abb. 5: *Anisus vortex* L.

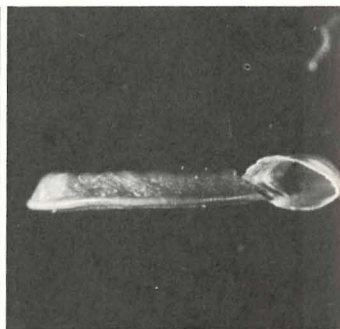


Abb. 6: *Anisus vortex* L. D = 9



Abb. 7: *Anisus leucostomus* MÜLL.
D = 7



Abb. 8: *Planorbarius corneus* L.
D = 30

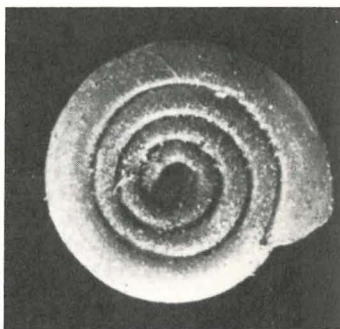


Abb. 9: *Bathyomphalus contortus* L.
Oberseite. D = 5

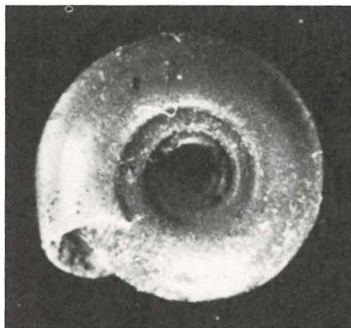


Abb. 10: *Bathyomphalus contortus* L.
Unterseite



Abb. 11: *Gyraulus albus* MÜLL.
D = 14

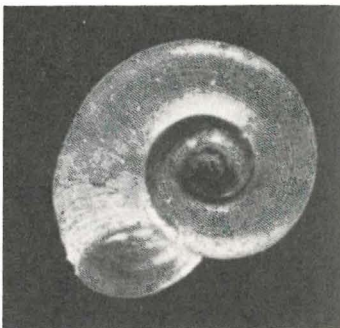


Abb. 12: *Gyraulus albus* MÜLL.

Tafel 21: Weichtiere (Mollusca) – Schnecken (Gastropoda)

- Übersicht über Schnecken mit flachem Gehäuse (Tafel 20 und 21) –
(L = Länge, D = Durchmesser, in cm)

Wasserlungenschnecken (*Basommatophora*)

a) Tellerschnecken (*Planorbidae*)

- Abb. 1** *Segmentina nitida*. Schale oben convex, unten flach. Schüsselförmig, 4,5 bis 5 Windungen, Mündung schief-herzförmig. In ganz Deutschland in Gräben, Tümpeln und Sümpfen.
- Abb. 2** *Segmentina nitida*. Unterseite.
- Abb. 3** *Hippeutis complanatus*. Letzter Umgang gekielt, 4 Umgänge. Oberseite fein gestreift. Kleingewässer.
- Abb. 4** *Armiga crista*. Schale sehr fein gestreift, glanzlos, oft überkrustet, am Rand Rippen. In pflanzenreichen Kleingewässern häufig.

b) Flußnapfschnecken (*Ancylidae*)

- Abb. 5** *Ancylus fluviatilis* (Mützenschnecke). In der Form sehr variabel. Schale mit nach hinten und rechts gebogener Spitze. In Fließgewässern und der Uferzone der Seen.

c) Teichnapfschnecken (*Acroloxidae*)

- Abb. 6** *Acroloxus lacustris*. Schale länglich, eiförmig. Spitze klein, nach links hinten gebogen. In stehenden Gewässern an Wasserpflanzen.

Vorderkiemer (Prosobranchia)

a) Federkiemenschnecken (*Valvatidae*)

- Valvata cristata*. Ähnlich Planorbis, aber mit Deckel. In Deutschland allgemein in pflanzenreichen Gewässern.
- Abb. 7** *Valvata cristata*. Unterseite.
- Abb. 8** *Valvata cristata*. Oberseite.
- Abb. 9** *Valvata cristata*. Mündungsseite.
- Abb. 10** *Valvata piscinalis*, Plötzschnecke. Gehäuseform gedrückt kugelig, Mündung und Deckel fast kreisrund. Nabel eng. Sehr variabel, bildet ökologische Rassen. Fischnahrung. Detritusfresser. In stehenden Gewässern.

b) Flußdeckelschnecke (*Neritidae*)

- Abb. 11** *Theodoxus fluviatilis*. Schale mit dunklen Netzzeichnungen auf hellem Grund. Mündung mit Deckel. In Flüssen und Seen Nord- und Mitteldeutschlands, fehlt in der Donau.



Abb. 1: *Segmentina nitida* MÜLL.
Oberseite. D = 5



Abb. 2: *Segmentina nitida* MÜLL.
Unterseite



Abb. 3: *Hippeutis complanatus* L.
D = 4

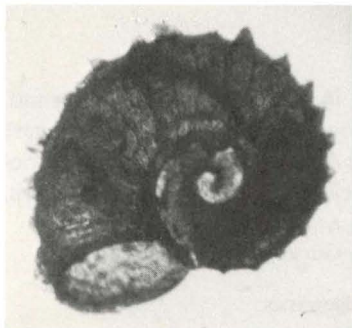


Abb. 4: *Armiger crista* L. D = 2

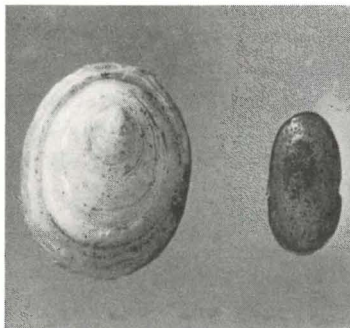


Abb. 5: *Ancyclus fluviatilis* O.F. MÜLL.,
Acroloxus lacustris L. L = 5

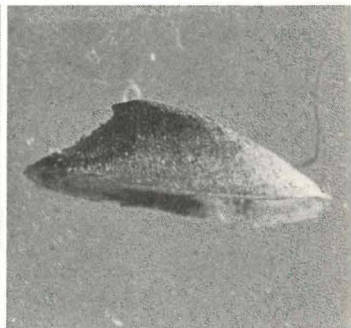


Abb. 6: *Acroloxus lacustris* L.
Seitenansicht. L = 3

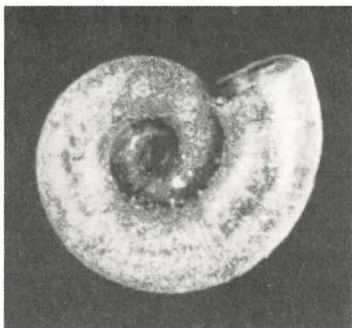


Abb. 7: *Valvata cristata*
O. F. MÜLLER. Unterseite



Abb. 8: *Valvata cristata*
O. F. MÜLLER. Oberseite. D = 3



Abb. 9: *Valvata cristata*
O. F. MÜLLER. Mündungsseite

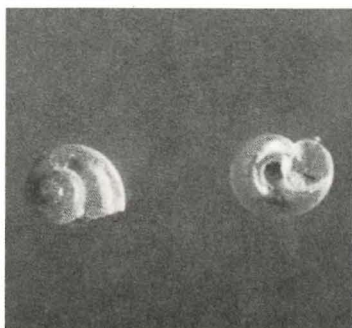


Abb. 10: *Valvata piscinalis*
O. F. MÜLLER. D = 5

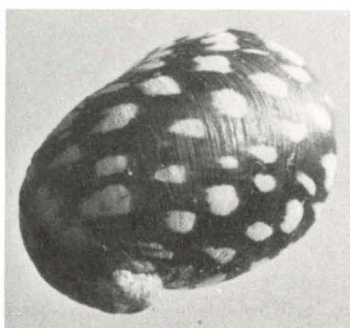


Abb. 11: *Theodoxus fluviatilis* L.
D = 7

Tafel 22: Weichtiere (Mollusca) – Muscheln (Bivalvia)

– Übersicht über die Süßwassermuscheln –

(L = Länge, in cm)

Kugelmuscheln (*Sphaeriidae*)

a) Kugelmuscheln

- Abb. 1** *Sphaerium corneum*, Kugelmuschel. Schale dünnwandig, konzentrisch gestreift, Wirbel breit, fast mittelständig, wenig hervorragend, bis 20 mm groß. In stehenden und fließenden Gewässern, große ökologische Valenz.
- Abb. 2** *Sphaerium lacustris*, Häubchenmuschel. Schale dünnwandig, variabel, ca. 9 mm lang. Sumpfige Gräben, Tümpel, Teiche und Altwasser, ruhige Fließgewässer. In ganz Deutschland.

b) Erbsenmuscheln

Kleinste Süßwassermuscheln, Vorkommen in schlammigem Untergrund, auch in Moorgewässern bei einem pH-Wert von 5, vertragen selbst für längere Zeit völliges Austrocknen und Einfrieren. Die Artbestimmung ist sehr schwierig. Man sollte sie Spezialisten überlassen. Viele Arten sind biotop-spezifisch.

- Abb. 3** *Pisidium casertanum*. Kleingewässer aller Art, auch Altwässer.
- Abb. 4** *Pisidium personatum*. Kleingewässer, auch im Lagg-Gürtel von Moorgewässern.
- Abb. 5** *Pisidium henslowanum*. Kleingewässer, Altwässer.
- Abb. 6** *Pisidium subtruncatum*. Kleingewässer, ruhige Fließgewässer.

Flußmuscheln (*Unionidae*)

- Abb. 7** *Unio tumidus*. Schloß mit Zähnen. Stillwasserform in Flüssen, Altwässern und Seen.
- Abb. 8** *Unio pictorum*, Malermuschel. In stehenden und fließenden Gewässern.
- Abb. 9** *Anodonta anatina*, Teichmuschel. Schloß ohne Zähne. Lenitische Biotope stehender Gewässer.

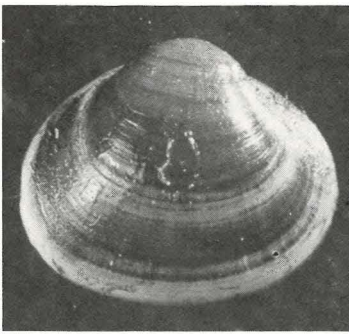


Abb. 1: *Sphaerium corneum*. L.
L = 12

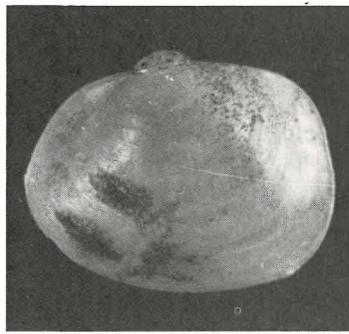


Abb. 2: *Sphaerium lacustre* MÜLL.
L = 8



Abb. 3: *Pisidium casertanum* POLI.
L = 3

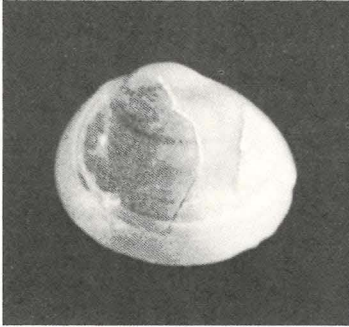


Abb. 4: *Pisidium personatum*
MALM. L = 3

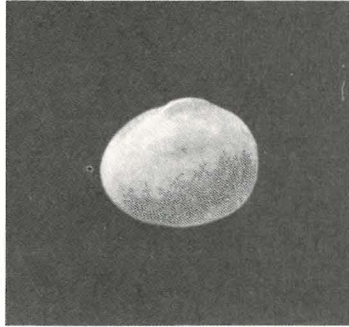


Abb. 5: *Pisidium henslowanum*
SHEPPARD. L = 4

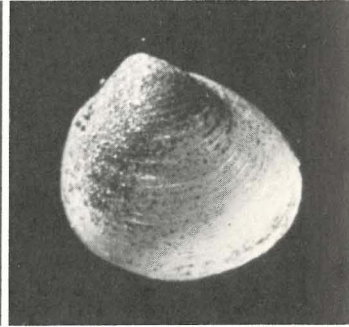


Abb. 6: *Pisidium subtruncatum*
MALM. L = 3

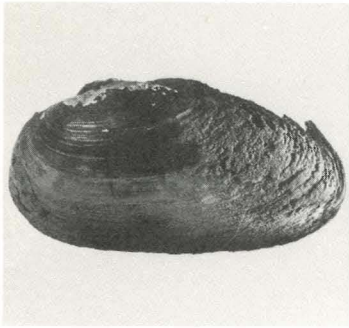


Abb. 7: *Unio tumidus* PHILIPS.
L = 72

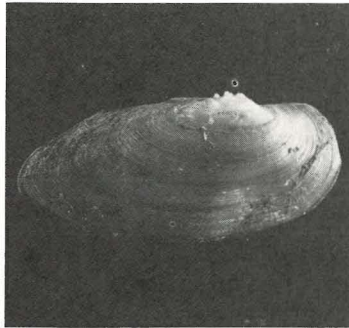


Abb. 8: *Unio pictorum* L. L = 75

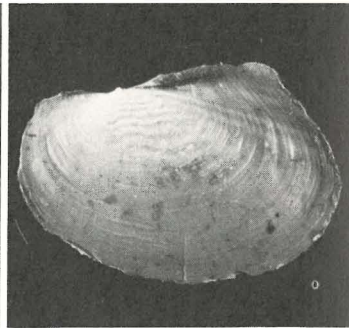


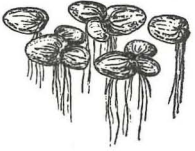
Abb. 9: *Anodonta anatina*

Tafel 23: Schwimmpflanzen

- Abb. 1** **Wasserlinsen.** Pflanzen schwimmen als kleine Scheibchen auf dem Wasser.
- a) Teichlinse (*Spirodela polyrrhiza*). Bis 5 mm mit mehreren Wurzeln.
 - b) Bucklige Wasserlinse (*Lemna gibba*). Bis 3 mm. Unterseite stark gewölbt.
 - c) Kleine Wasserlinse (*Lemna minor*). Bis 2,5 mm. Beide Seiten flach.
 - d) Entenlinse (*Wolffia arrhiza*). Bis 1,5 mm. Ohne Wurzel. Selten. (ohne Abb.)
 - e) Dreifurchige Wasserlinse (*Lemna trisulca*). Längliche Scheiben mit einer Wurzel. In lockeren Ketten. Kreuzweise verbunden.
- Abb. 2** **Büschelfarn** (*Salvinia natans*). Schwimmpflanze mit gegenständigen, kettenartigen, ovalen Blättchen. 6 mm.
- Abb. 3** **Lebermoos** (*Riccia fluitans*). Gabelig verzweigte, 1 mm breite Sprossen.
- Abb. 4** **Rauhes Hornblatt** (*Ceratophyllum demersum*). Blättchen 4-zipfelig, hart, bestachelt. Pflanze bis 1 m lang.
- Abb. 5** **Wasserpest** (*Helodea canadensis*). Blättchen 10 mm lang, in Quirlen zu je 3 an einem brüchigen Stiel. Festgewurzelt.
- Abb. 6** **Tausendblatt** (*Myriophyllum spicatum*). Unterwasserpflanze mit weichen, gefiederten Blättern und verzweigtem Stengel.

Tafel 23: Schwimmpflanzen

Wasserlinsen



1 a) Teichlinse



1 b) Bucklige Wasserlinse



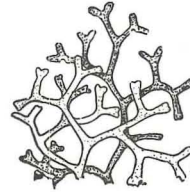
1 c) Kleine Wasserlinse



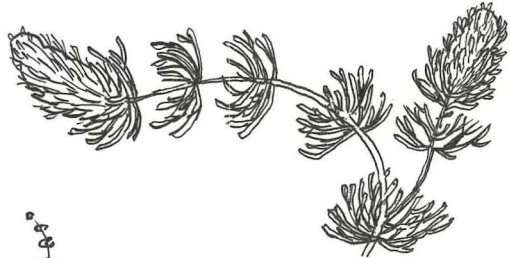
1 e) Dreifurchige Wasserlinse



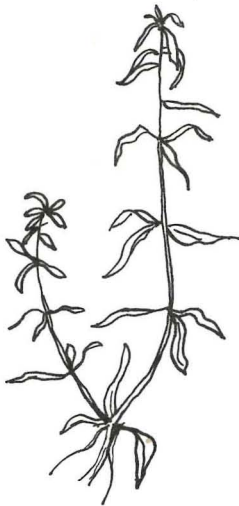
2. Büschelfarn



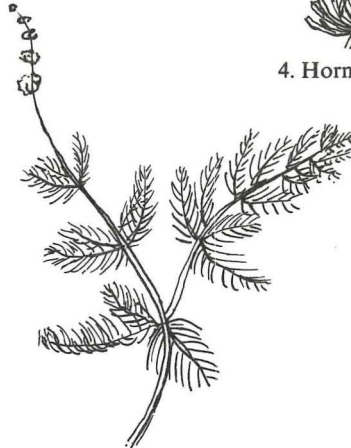
3. Lebermoos



4. Hornblatt



5. Wasserpest

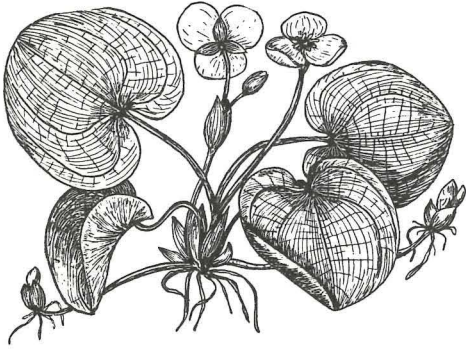


6. Tausendblatt

Tafel 24: Schwimmpflanzen (Fortsetzung)

- Abb. 1** **Froschbiß** (*Hydrocharis morsus ranae*). Pflanze mit rundherzförmigen 5 cm großen Schwimmblättern. Blüten weiß.
- Abb. 2** **Laichkraut** (*Potamogeton*). Pflanzen mit ungeteilten, wechselständigen Blättern. Unscheinbare Blüten in Ähren aus dem Wasser ragend.
- Abb. 3** **Wasserknöterich** (*Polygonum amphibium*). Lederartig glänzende, lanzettliche, gestielte, bis 14 cm große Blätter. Blüten in Scheinähre.
- ohne Abb. **Wasserhahnenfuß** (*Ranunculus aquatilis*). Schwimmblätter 3–5-spaltig, nierenförmig. Unterwasserblätter stark verzweigt. Blüten weiß.
- Abb. 4** **Krebsschere** (*Stratiotes aloides*). Blätter stachelig gesägt in Rosettenform. Im Sommer Schwimmpflanze.

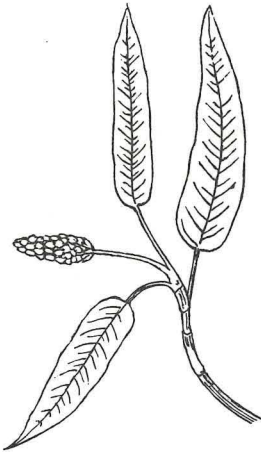
Tafel 24: Schwimmpflanzen



1. Froschbiß



2. Laichkraut



3. Wasserknöterich



4. Krebssschere

Pflanzen am, auf und im Wasser

Die Pflanzen des Litorals bilden die Gesellschaften der Wasser- und Sumpfpflanzen, wie sie allgemein in den Feuchtgebieten vorkommen. Von Bäumen und Sträuchern sind Erlen und Weiden für Gewässer in offener Kulturlandschaft charakteristisch. An Moorgewässern herrschen Birke und Kiefer vor. Als Einführung in die Grundkenntnisse soll folgender Bestimmungsteil dienen.

1. Blütenlose Pflanze

- 1.1 **Schachtelhalme.** Stengel aus röhrenartigen, ineinandergeschachtelten Gliedern.
- 1.2 **Farne.** Sporen an der Unterseite der Blätter.
- 1.3 **Moose.** Polster bildend.

2. Pflanzen mit walzenförmigem oder kugeligen Blütenstand

- 2.1 **Rohrkolben.** Großer walzenförmiger Kolben, blaugrüne Blätter.
- 2.2 **Igelkolben.** Getrenntgeschlechtlich, einhäusig. Blüten in kugeligen Köpfchen. Stengel unten dreikantig, oben schwertförmig.

3. Pflanzen mit rispigen oder traubigen Blütenständen. Stengel hohl und knotig

- 3.1 **Schilfrohr.** Graugrüne, scharfe Blätter. Stengel bis 5 m hoch.
- 3.2 **Wasserschwaden.** Blätter saftig grün. Halm mit allseits wendiger Rispe.

4. Grasartige Pflanzen mit dreikantigem oder rundem Stengel, weder hohl noch knotig

- 4.1 **Wollgras.** Art mit schmalen und Art mit breiten Blättern. Weißleuchtende Wollblüten.
- 4.2 **Teichbinse.** Fingerdicker, aufrechter, runder Stengel. Blütenstand eine Spirre, seitenständig.

5. Pflanzen sumpfiger, saurer Wiesen. Stengel scharfkantig und rauh

- 5.1 **Seggen.** Sauergräser. Artbestimmung schwierig.

6. Pflanzen ähnlich der Teichbinse (*Scirpus*), nur kleiner. **Binsen.** 4 Juncusarten.

7. Pflanzen mit weißen oder mit gelb, grün, rötlich getönten Blüten

- 7.1 **Froschlöffel.** Eiförmige Luftblätter. Stengel bis 1 m hoch, dreikantig, blattlos, 3 Blütenblätter.
- 7.2 **Pfeilkraut.** Luftblätter pfeilförmig an langen Stielen. Blüten 2 cm groß in dreigliedrigen Quirlen.
- 7.3 **Bitterklee,** Fiebertklee. Blätter dreiteilig. Blütenstand traubig.
- 7.4 **Wassermerk.** Blätter einfach gefiedert. Pflanze bis 1,50 m hoch. Doldenblütig.
- 7.5 **Wasserschierling.** Bis 1,50 m hoch. Kahler, gerillter, röhriger Stengel. Wurzelstock hohl mit Querfächern. Dreifach gefiederte Blätter. Giftig.
- 7.6 **Brunnenkresse.** Pflanze kahl mit weichen, kantigen hohlen Stengeln.
- 7.7 **Schaumkraut.** Stengel markig, behaart. Alle Blätter fiederförmig.
- 7.8 **Wolfstrapp.** 80 cm hoch. Buschig mit gezähnten Blättern. Blüten innen rot punktiert, in Blattachsen stehend.
- 7.9 **Mädesüß.** 1,50 m hoch mit hartem Stengel. Süß duftende Blüten in stark verzweigter Trugdolde.
- 7.10 **Baldrian.** Blätter gegenständig, unpaarig gefiedert. Blüten klein in doldenähnlichem Blütenstand.
- 7.11 **Sonnentau.** Blätter rundlich gestielt, rosettenartig, mit roten Drüsenhärcchen. Fleischfressend. Auf Torfmoos wachsend.

8. Pflanzen mit gelben Blüten

- 8.1 **Pfennigkraut.** Stengel kriechend. Blätter rundlich. Blüten fünfstrahlig.
- 8.2 **Gilbweiderich.** 1 m hoch. Blätter gegenständig. Blüten groß, in Rispen.
- 8.3 **Sumpfdotterblume.** Pflanze buschig. 30 cm hoch. Stengel dick und hohl. Blätter nierenförmig. Blüte fünfblättrig.
- 8.4 **Schwertlilie.** Blätter schwertförmig. 6 Blütenblätter. 1 m hoch.

- 8.5 **Zweizahn.** Bis 1 m hoch. Blätter drei- oder fünfteilig. Korbblütler. Früchte mit 2 widerhakigen Borsten.
- 8.6 **Teichrose.** Schwimmpflanze.
9. Pflanzen mit roten, blauen oder violetten Blüten
- 9.1 **Bittersüßer Nachtschatten.** Stengel kantig. Kletternd. Blüten fünfzipfelig mit 5 kegelförmig zusammenstehenden gelben Staubgefäßen.
- 9.2 **Blutweiderich.** Bis 1 m hoch. Blätter gegenständig oder in Quirlen. Blüten purpurn in etwa 20 cm langer Ähre.
- 9.3 **Weidenröschen.** Blätter weidenähnlich. Blüten mit unterständigem Fruchtknoten. 3 Arten.
- 9.4 **Sumpfergötzenkraut.** Krautige Pflanzen mit behaarten Blättern. Himmelblaue Blüten, röhrig verwachsen.
- 9.5 **Pestwurz.** Große grundständige wollige Blätter, erscheinen nach der Blüte. Korbblütler. Blüten in endständigen Trauben.
- 9.6 **Knöterich.** Bis 1 m hoch. Stengelumfassende Blätter. Stengel drüsig behaart. Blüten rosa in Ähren.
- 9.7 **Sauerampfer.** 2 m hoch. Herzeiförmige Blätter. 6 Blütenhüllblätter.

Tafel 25: Organismen der Reinwasserzone (Oligosaprobien)

Kieselalgen

- Abb. 1 *Synedra acus* var. *angustissima* (100 ×)
Abb. 2 *Tabellaria flocculosa* (300 ×)
Abb. 3 *Pinnularia nobilis* (200 ×)
Abb. 4 *Cyclotella bodanica* (500 ×)
Abb. 5 *Meridion circulare* (500 ×)

Jochalge

- Abb. 6 *Micrasterias truncata* (300 ×)

Grünalgen

- Abb. 7 *Ulothrix zonata* (200 ×)
Abb. 8 *Cladophora glomerata* (250 ×)

Rotalgen

- Abb. 9 *Batrachospermum vagum* (5 ×)
Abb. 10 *Lemanea annulata* (100 ×)

Laubmoos

- Abb. 11 *Fontinalis antipyretica* (0,5 ×)

Wimpertiere

- Abb. 12 *Halteria cirrifera* (700 ×)
Abb. 13 *Vorticella nebulifera* (200 ×)

Strudelwurm

- Abb. 14 *Planaria gonocephala* (1,5 ×)

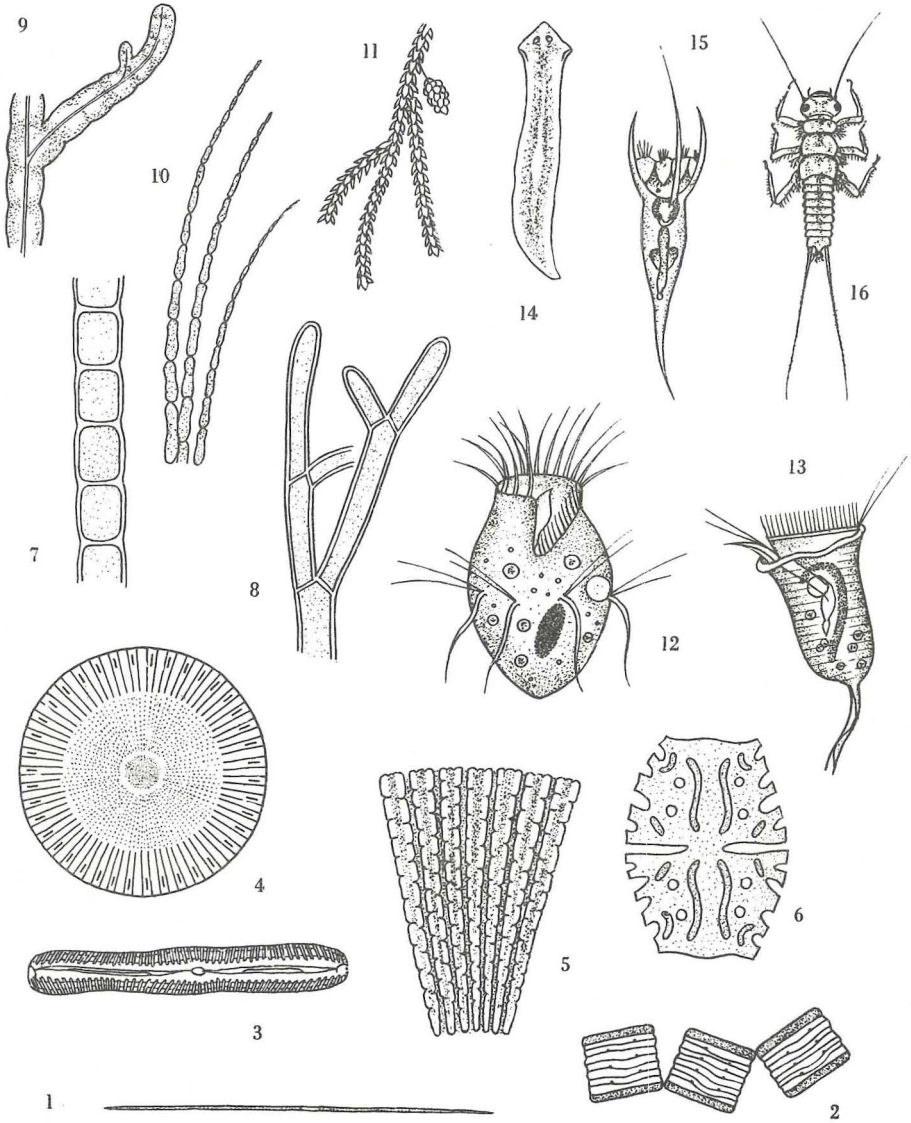
Rädertierchen

- Abb. 15 *Notholca longispina* (50 ×)

Insekt

- Abb. 16 *Perla* (Larve einer Steinfliege)

Tafel 25: Organismen der Reinwasserzone (Oligosaprobien)



Tafel 26: Organismen der schwach verschmutzten Zone (β -Mesosaprobien)

Blaugrüne Algen

- Abb. 1 *Oscillatoria rubescens* (400 \times)
Abb. 2 *Oscillatoria Redekei* (2500 \times)

Geißeltierchen

- Abb. 3 *Synura uvella* (500 \times)

Kieselalgen

- Abb. 4 *Tabellaria fenestrata* (100 \times)

Grünalgen

- Abb. 5 *Scenedesmus quadricauda* (40 \times)
Abb. 6 *Pediastrum boryanum* (300 \times)

Jochalge

- Abb. 7 *Spirogyra crassa* (40 \times)

Wurzelfüßler

- Abb. 8 *Actinosphaerium Eichhörnii* (50 \times)

Wimpertiere

- Abb. 9 *Coleps hirtus* (500 \times)
Abb. 10 *Vorticella campanula* (250 \times)
Abb. 11 *Paramaecium bursaria* (200 \times)
Abb. 12 *Euplotes charon* (300 \times)
Abb. 13 *Aspidisca lynceus* (400 \times)

Strudelwürmer

- Abb. 14 *Polycelis cornuta* (1 \times)
Abb. 15 *Dendrocoelum lacteum* (1 \times)

Wenigborstiger Ringelwurm

- Abb. 16 *Stylaria lacustris* (3 \times)

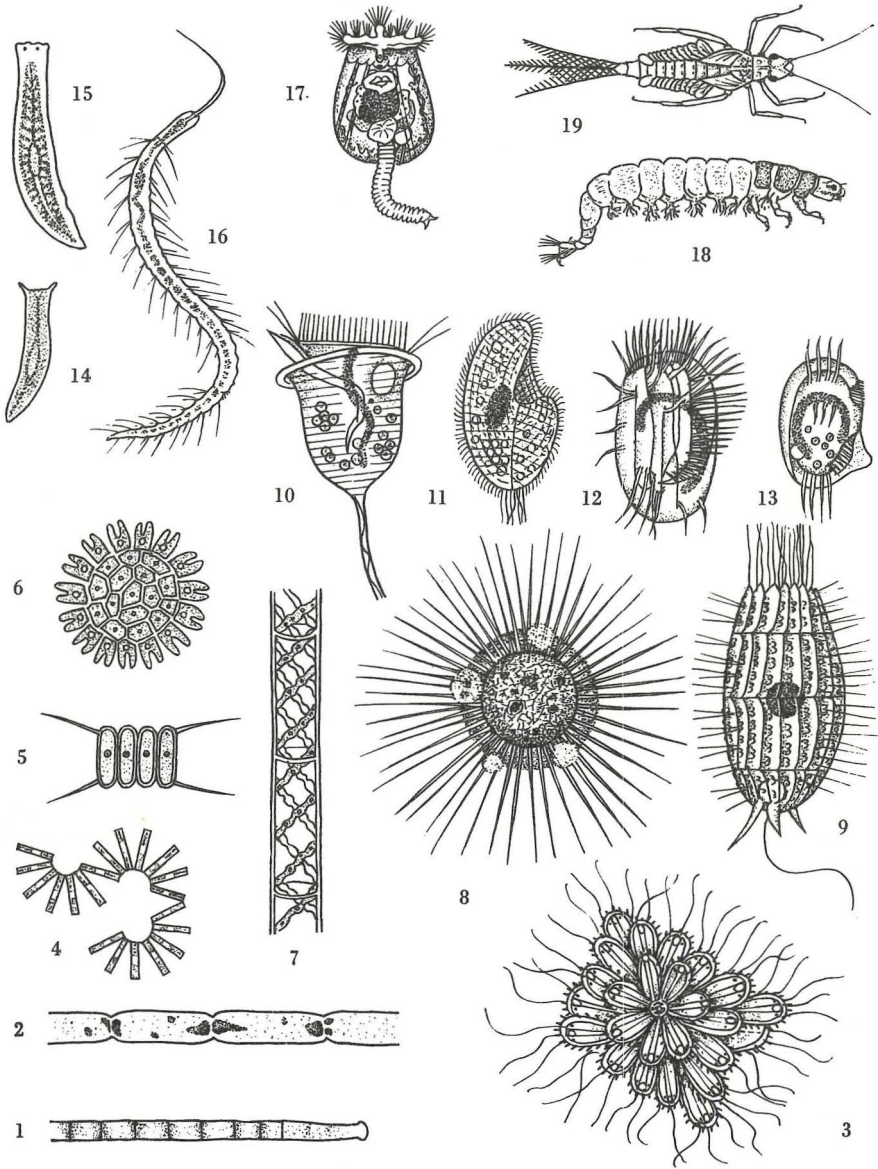
Rädertierchen

- Abb. 17 *Brachionus urceus* (60 \times)

Insekten

- Abb. 18 *Hydropsyche* (Larve, ohne Köcher) (1 \times)
Abb. 19 *Cloëon dipterum* (Larve) (5 \times)

Tafel 26: Organismen der schwachverschmutzten Zone
(β -Mesosaprobien)



Tafel 27: Organismen der mittelverschmutzten Zone (α -Mesosaprobien)

Blaugrüne Alge

Abb. 1 *Oscillatoria formosa* (1000 \times)

Geißeltierchen

Abb. 2 *Chilomonas paramecium* (900 \times)

Kieselalgen

Abb. 3 *Nitzschia palea* (500 \times)

Abb. 4 *Hantzschia amphioxys* (1000 \times)

Abb. 5 *Stephanodiscus hantzschii* (1000 \times)

Jochalge

Abb. 6 *Closterium acerosum* (1000 \times)

Pilz

Abb. 7 *Leptomytus lacteus* (300 \times)

Wimpertiere

Abb. 8 *Uronema marinum* (400 \times)

Abb. 9 *Colpoda cucullus* (300 \times)

Abb. 10 *Chilodonella uncinata* (400 \times)

Abb. 11 *Stentor coeruleus* (20 \times)

Abb. 12 *Carchesium polypinum* (200 \times)

Abb. 13 *Vorticella convallaria* (150 \times)

Abb. 14 *Spirostomum ambiguum* (15 \times)

Egel

Abb. 15 *Herpobdella atomaria* (0,6 \times)

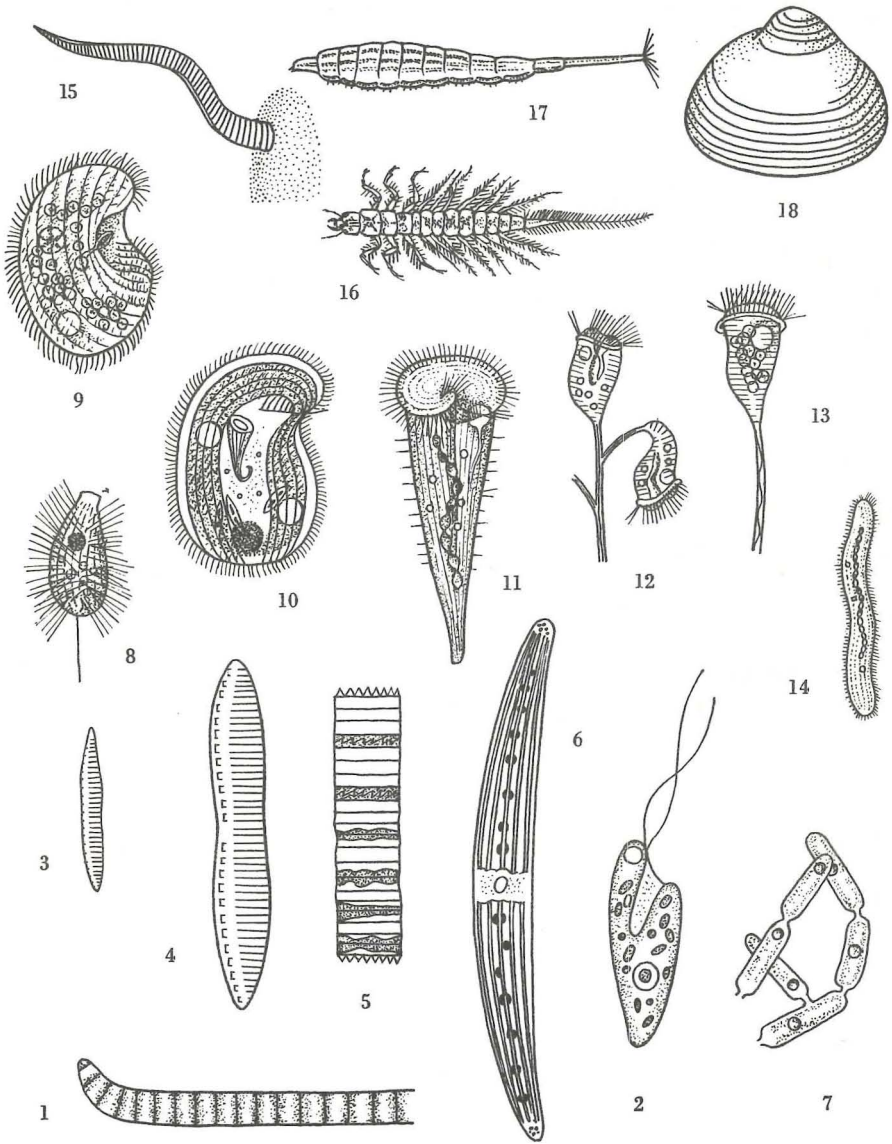
Abb. 16 *Sialis* (Larve) (1 \times)

Abb. 17 *Stratiomys* (Larve) (1 \times)

Muschel

Abb. 18 *Sphaerium corneum* (2 \times)

Tafel 27: Organismen der mitterverschmutzten Zone
(α -Mesosaprobien)



Tafel 28: Organismen der starkverschmutzten Zone (Polysaprobien)

Blualgen

- Abb. 1 *Spirulina Jenneri* (100 ×)
Abb. 2 *Oscillatoria putrida* (100 ×)

Bakterien

- Abb. 3 *Sphaerotilus natans* (Zotte des Abwasserbakteriums) (50 ×)
Abb. 4 Fadenstück des Abwasserbakteriums (1000 ×)

Geißeltierchen

- Abb. 5 *Euglena viridis* (800 ×)
Abb. 6 *Trigonomonas compressa* (1000 ×)
Abb. 7 *Tetramitus pyriformis* (1000 ×)

Wimpertiere

- Abb. 8 *Trimyema compressa* (700 ×)
Abb. 9 *Hexotricha caudata* (350 ×)
Abb. 10 *Enchelys vermicularis* (700 ×)
Abb. 11 *Glaucoma seintillans* (300 ×)
Abb. 12 *Melopus es* (1000 ×)
Abb. 13 *Vorticella microstoma* (200 ×)
Abb. 14 *Caenomorpha medusula* (300 ×)

Wenigborstiger Ringelwurm

- Abb. 15 *Tubifex rivulorum* (1,5 ×)

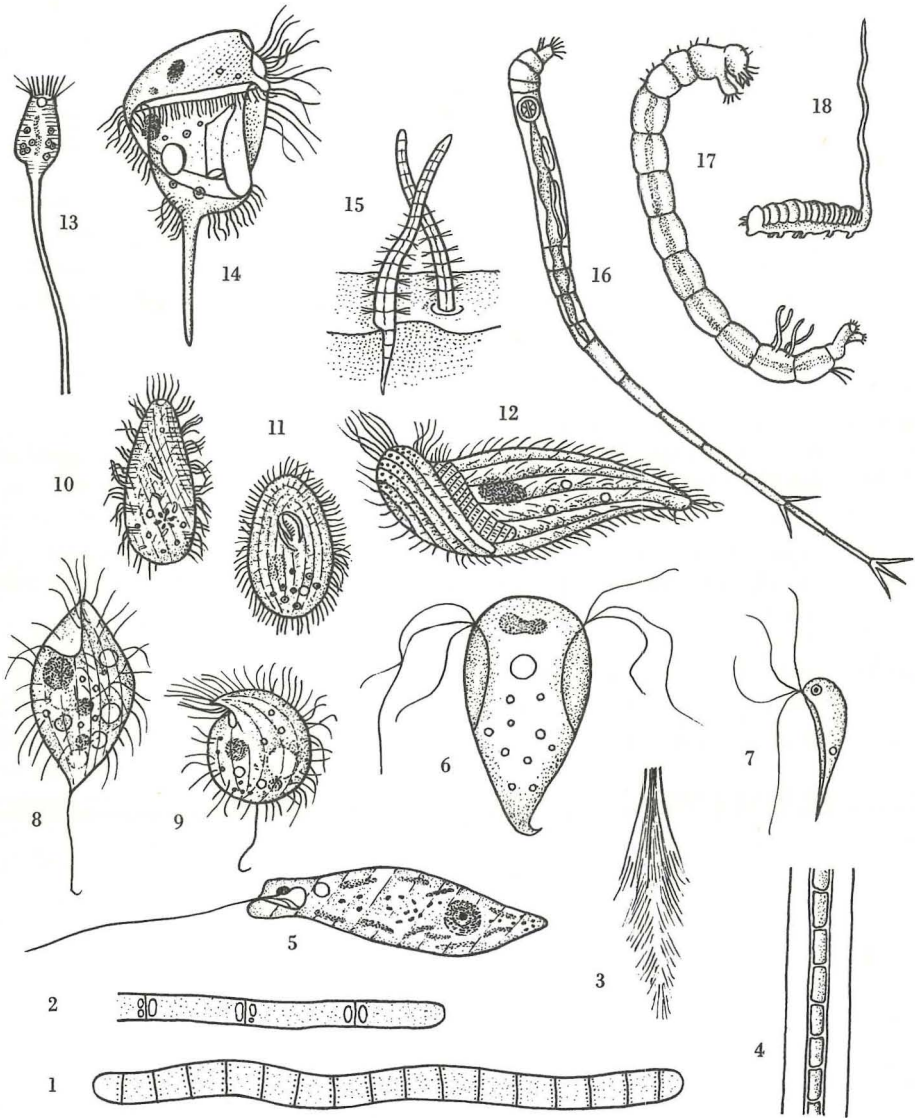
Rädertierchen

- Abb. 16 *Rotifer actinurus* (100 ×)

Insekten

- Abb. 17 *Chironomus plumosus* (Larve) (4 ×)
Abb. 18 *Eristalis tenax* (Rattenschwanzlarve) (0,8 ×)

**Tafel 28: Organismen der starkverschmutzten Zone
(Polysaprobien)**



10 Phototeil

Tafel 29

Abb. 1: *Mallomonas caudata*. Vergr. 10×45

Die einzellige Goldalge ist als *Mallomonas*-Art leicht an der Birnenform und den gebogenen Kieselnadeln zu erkennen. Auf dem Foto sieht man auch deutlich die Aufspaltung der Borsten an den Spitzen.

Die genaue Artdiagnose ist aber nur aufgrund der Form der Kieselplättchen möglich, auf denen diese Borsten sitzen. Die lichtmikroskopische Auflösung reicht zur genauen Bestimmung der Art nicht aus. Artangaben gelten daher nur unter Vorbehalt. *Mallomonas*-Arten sind in allen stehenden Gewässern sehr häufig und bilden gelegentlich auch Wasserblüten.

Abb.

2 und 3: *Dinobryon divergens* und *stipitatum*. Vergr. 10×25

Beide Arten sind koloniebildende Goldalgen, die an oligosaprobe Gewässer gebunden sind. Man kann sie gut nach der Form des tütenförmigen, farblosen Zellulosegehäuses unterscheiden. Bei *divergens* ist die Einzelzelle ($30\text{--}50\ \mu\text{m}$) in der Mitte erweitert und kommt aus einem kurzen, schiefen Endkegel. Die Zellen von *stipitatum* ($55\text{--}100\ \mu\text{m}$) sitzen auf einem langen Stiel und stehen wesentlich enger beieinander als die von *divergens*.

Abb. 4: *Tabellaria flocculosa*. Vergr. 10×25

Diese Kieselalge bildet Zickzackbänder und findet sich häufig im Benthos der Seen und auch massenhaft in Moorgewässern. Durch die charakteristische Bänderform ist sie unverwechselbar. Die Einzelzelle ist $12\text{--}15\ \mu\text{m}$ lang und $5\text{--}16\ \mu\text{m}$ breit.

Auf dem gleichen Bild befinden sich die beiden Blaualgen *Microcystis flos aquae* (S. 26) und *Merismopedia*. Letztere ist eine koloniebildende Tafelblaualge, deren Einzelzellen zu einem tafelförmigen Paket geformt sind. Sie ist daher leicht zu diagnostizieren. Die Artbestimmung ist schwierig. Zwei Arten *elegans* und *glauca* findet man häufig im Plankton stehender Gewässer.

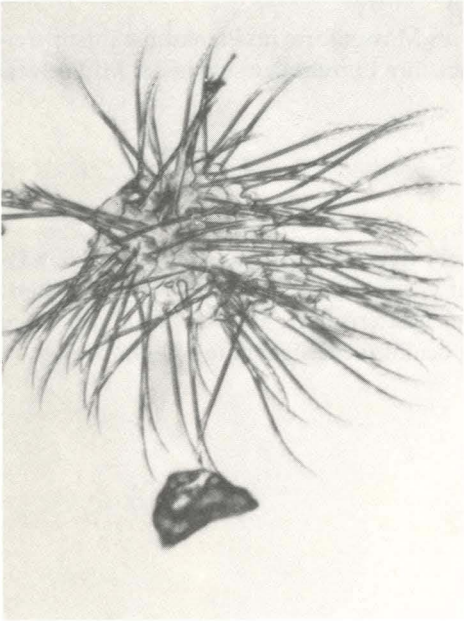


Abb.1

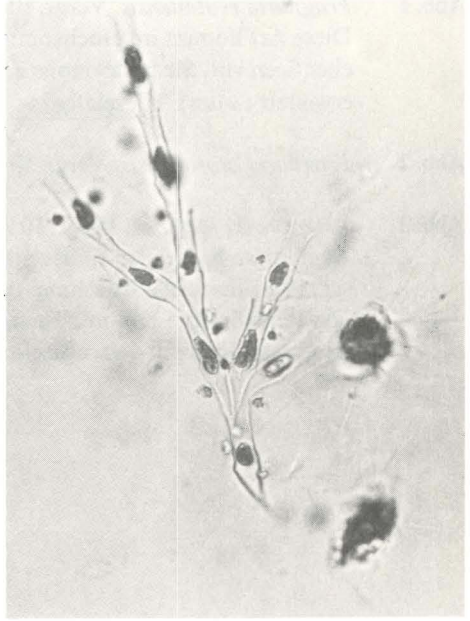


Abb.2



Abb.3

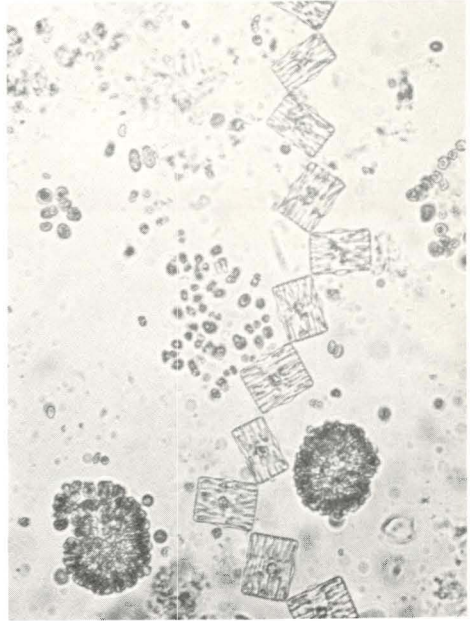


Abb.4

Tafel 30

Abb. 1 *Fragilaria crotonensis*. Vergr. 10×10

Diese Art kommt im Hochsommer als Massenform im Plankton nährstoffreicher Seen vor. Sie bildet lange Ketten, ihre Einzelzellen sind in der Mitte etwas erweitert ($3 \mu\text{m}$). Kieselalge

Abb. 2 *Fragilaria crotonensis*. Vergr. 10×25

Abb. 3 *Asterionella formosa*. Vergr. 10×45 .

Auch diese Kieselalge findet man sehr häufig im Plankton stehender Gewässer. Die Einzelzelle ist schmal linear ($2 \mu\text{m}$), an den Polen kopfig verbreitert. Die sternförmige Kolonie ist sehr charakteristisch. Mit *Tabellaria fenestrata* kann man sie nicht verwechseln, da bei ihr die Zellenbreite $3\text{--}9 \mu\text{m}$ beträgt.

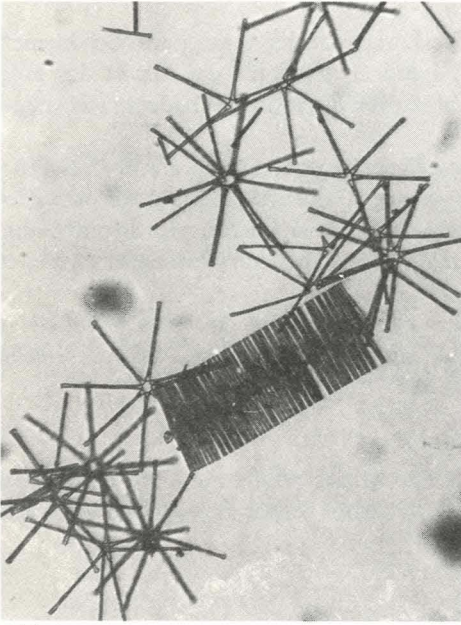


Abb. 1

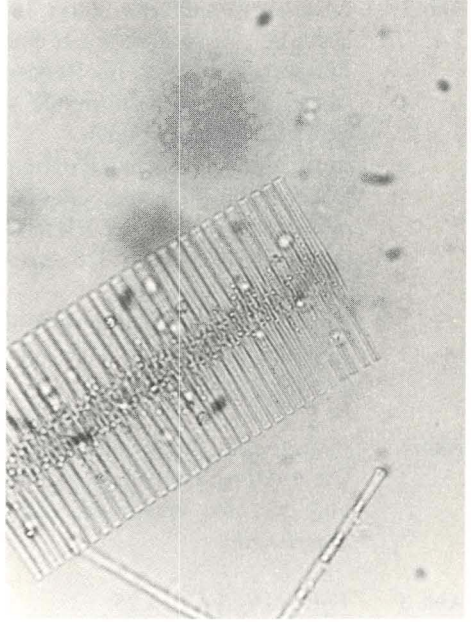


Abb. 2

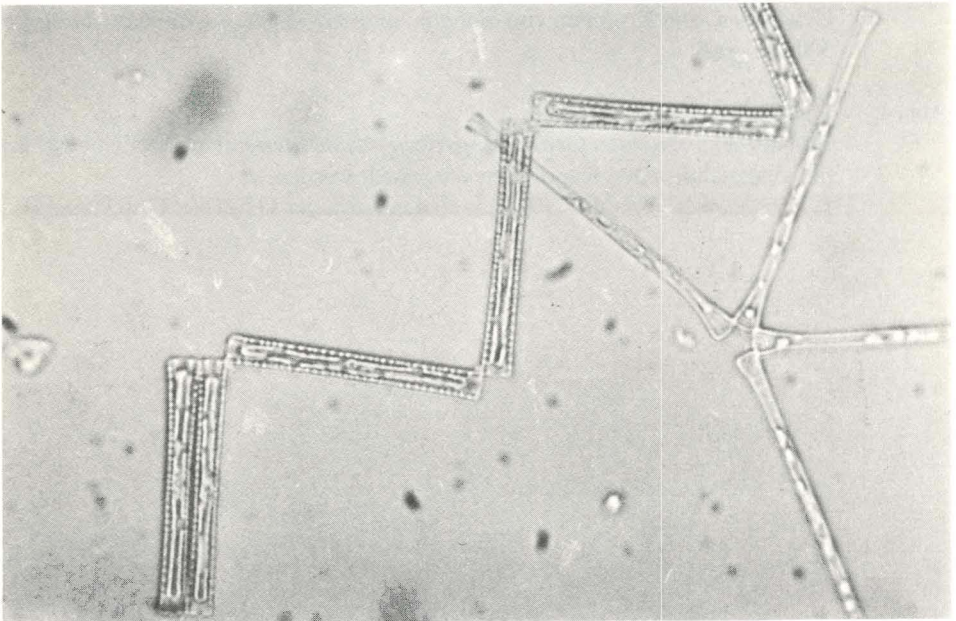


Abb. 3

Tafel 31

Abb. 1 *Ceratium hirundinella*. Vergr. 10×10

Diese Feueralge stammt aus einer Planktonprobe der β -mesosaprobe kleinen Talsperre Sengbach im Bergischen Land. Typisch für die Art ist das lang ausgezogene Scheitelhorn. Sie wird bis zu $400 \mu\text{m}$ groß und bildet in stehenden Gewässern Wasserblüten.

Links unten im Bild ein Exemplar von *Keratella cochlearis* (s. a. Abb. 2, S. 153). Die Art ist in stehenden Gewässern verbreitet. Im Frühjahr und Herbst bildet sie Formen mit langen Hinterdornen, im Sommer kurzdornige Formen aus. Die Größe beträgt $80\text{--}320 \mu\text{m}$. *Keratella* ist in stehenden Gewässern verbreitet (siehe Abb. 5 d, S. 26).

Auf der linken Seite zwei Kolonien von *Dinobryon divergens* (s. a. Abb. 2, Tafel 29). Zerstreut über das Bild zahlreiche Kolonien von *Asterionella* (s. Abb. 3, Tafel 30).

Abb. 2 *Elakatothrix*. Vergr. 10×45

Diese tetrasporale Grünalge nimmt eine Mittelstellung zwischen Flagellaten und coccalen Grünalgen ein. Auf der Abb. liegen Schwärmer zwischen *Asterionella*.

Abb. 3 *Volvox*. Vergr. 10×25

Das Bild zeigt Teil einer Kolonie dieser Grünalge mit Tochterkolonien. Man unterscheidet zwei ähnliche Arten *globator* und *aureus* in stehenden eutrophen Gewässern. Die Kolonien von *globator* sind $350\text{--}2000 \mu\text{m}$, die von *aureus* um $500 \mu\text{m}$ groß.

Abb. 4 *Pediastrum*. Vergr. 10×25

Von der sehr variablen Grünalgengattung *Pediastrum* soll hier nur eine Art mit tief ausgeschnittenen Randzellen vorgestellt werden.

P. boryanum (s. Abb. 6, S. 196) gilt als Leitform der Gewässer Güteklasse II.

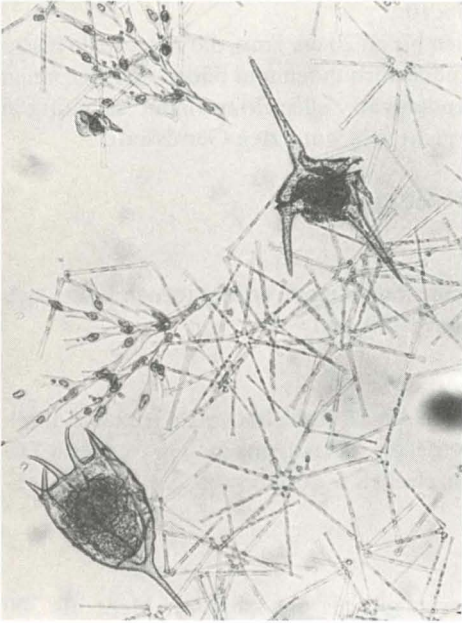


Abb. 1

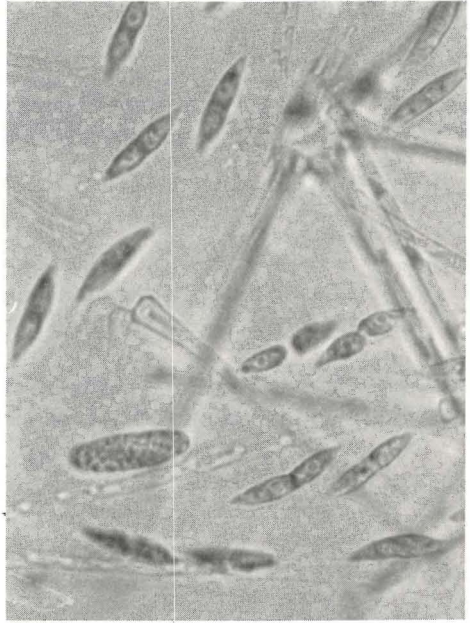


Abb. 2

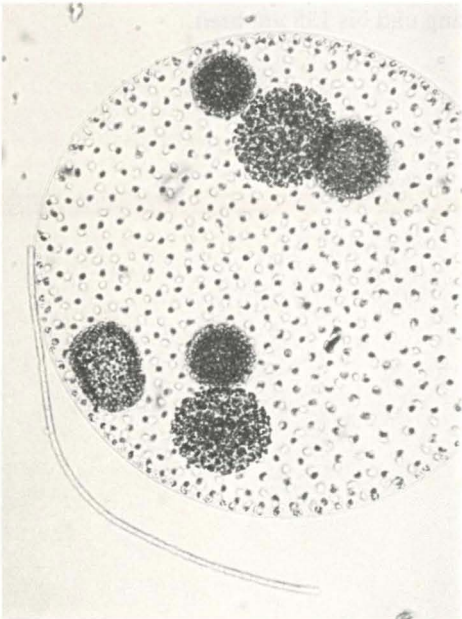


Abb. 3

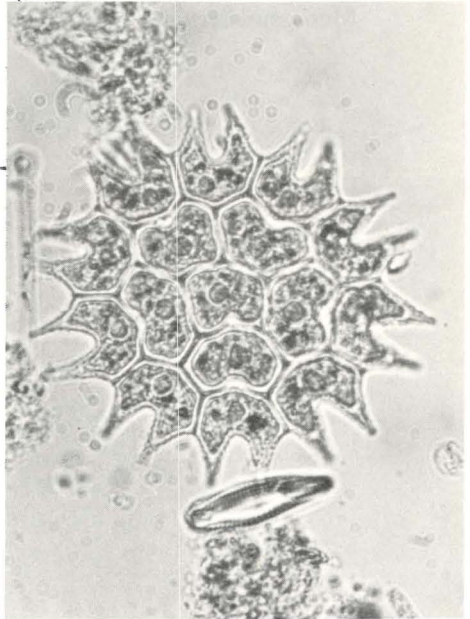


Abb. 4

Tafel 32

- Abb. 1** *Hydrodictyon reticulatum*. Vergr. 10×10
Die Kolonien dieser Grünalge werden bis zu 20 cm lang, die Einzelzelle bis zu 1 cm. Je drei Zellen sind mit ihren Enden verbunden und bilden dadurch einen grobmaschigen Netzsack aus Tausenden von Zellen. Man findet sie häufig in stehenden und langsam fließenden, nicht verschmutzten Gewässern.
- Abb. 2** Abb. 2 zeigt die gleiche Art in Vergrößerung 10×45 .
- Abb. 3** *Kellicottia longispina*. Vergr. 10×25
Das fußlose Rädertier mit 6 unterschiedlich langen Vorderdornen findet sich oft massenhaft im Seenplankton. Länge 450–860 μm .
- Abb. 4** *Dictyosphaerium pulchellum*. Vergr. 10×25
Von ähnlichen Arten unterscheidet sich diese koloniebildende Grünalge durch die Gallertstränge, mit denen die Zellen zusammengehalten werden. Die Kolonien werden bis 60 μm , die Einzelzellen 5–10 μm groß. Sie kommt in β -mesosaproben Gewässern vor.
- Abb. 5** *Micrasterias truncata*. Vergr. 10×15
Die Desmidiaceengattung *Micrasterias* gilt als die schönste. Mehr als 300 Arten wurden beschrieben. Sie ist also sehr variabel. Die Zellhälften sind durch deutliche Einschnitte in drei Lappen aufgeteilt. Man findet sie häufig in Moorgewässern und wird 145 μm lang und bis 135 μm breit.

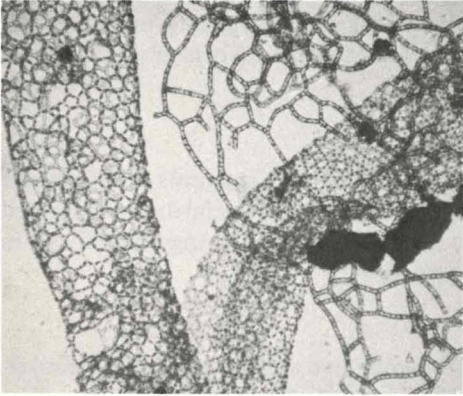


Abb. 1

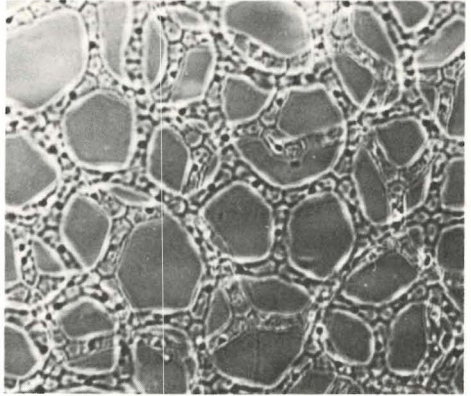


Abb. 2

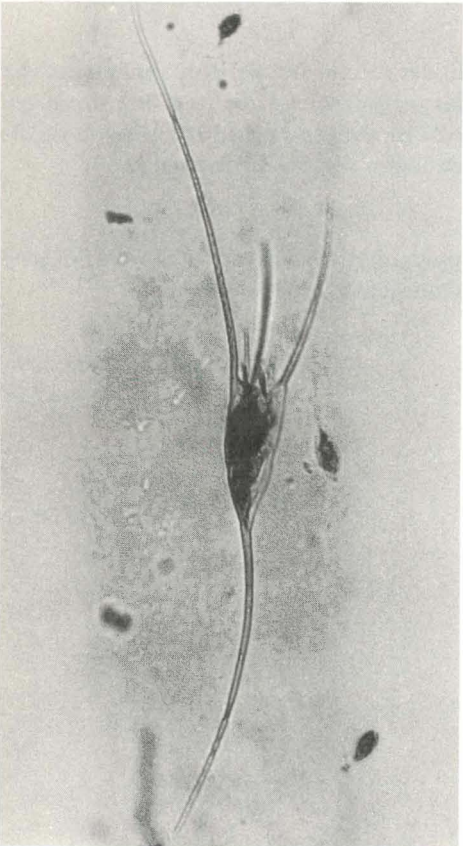


Abb. 3

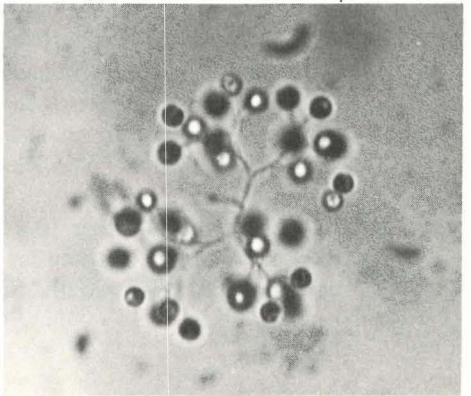


Abb. 4

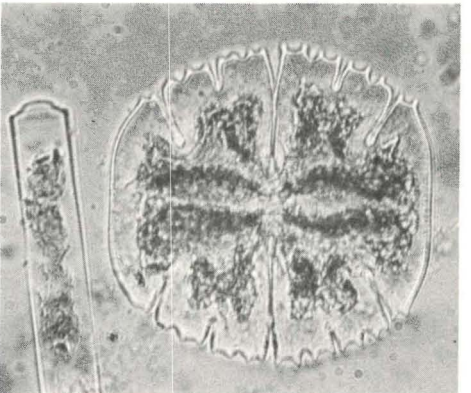


Abb. 5

Tafel 33

- Abb. 1** *Desmidium coarcticum*. Vergr. 10×25
Um $30 \mu\text{m}$ lang und breit sind die Einzelzellen dieser fadenförmigen, unverzweigten Jochalge. Ihr Vorkommen ist auf Moorseen, Torfstiche und andere saure Gewässer beschränkt.
- Abb. 2** *Epistylis rotans*. Vergr. 10×25
Bei diesem koloniebildenden Wimpertier sind im Gegensatz zu *Vorticella* (s. Abb. 3) die Stiele starr, nicht kontraktile. Auf dem Bild sind die bewimperten Mundfelder zu erkennen. Häufig findet man Einzeltiere (Länge bis $100 \mu\text{m}$) in den Proben, da die Stiele leicht abbrechen.
- Abb. 3** *Vorticella*. Vergr. 125
Im Gegensatz zu *Epistylis* (s. Abb. 2) erkennt man auf der Abb. die Kontraktilität der Stiele in der Gallerthülle. Die *Vorticella*-Arten sind für ökologische Aussagen über Gewässer geeignet. Glockentierchen, Ciliat.
- Abb. 4** *Testudinella patina*. Vergr. 10×25
besitzt einen beweglichen Steuerfuß, der ebenso wie der Kauapparat auf der Abbildung eingezogen ist. Die glasige Körnelung des fast kreisförmigen Panzers ist gut zu erkennen. Die Größe schwankt zwischen 120 und $200 \mu\text{m}$. T. kommt auf dem Boden von Kleingewässern vor. Rädertierchen.
- Abb. 5** *Collotheca algicola*. Vergr. 10×25
ist ein Vertreter der Gattung der Reusenrädertiere und wird bis zu $400 \mu\text{m}$ groß und kommt auf Pflanzen und Schlamm stehender Gewässer vor.

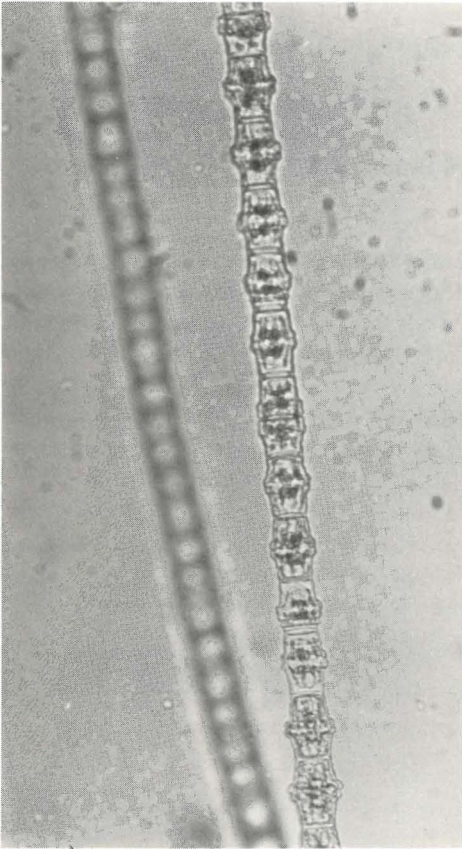


Abb. 1

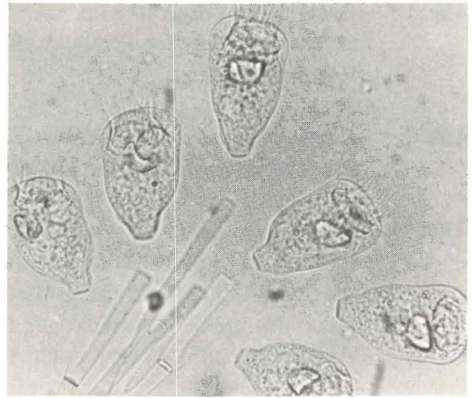


Abb. 2

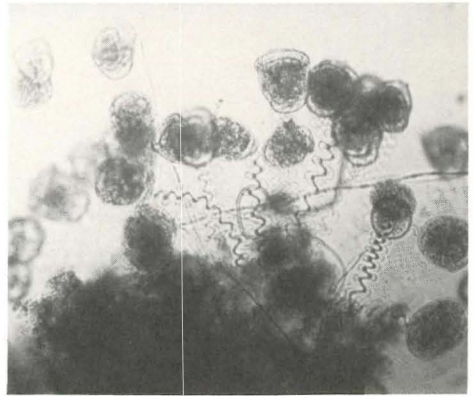


Abb. 3

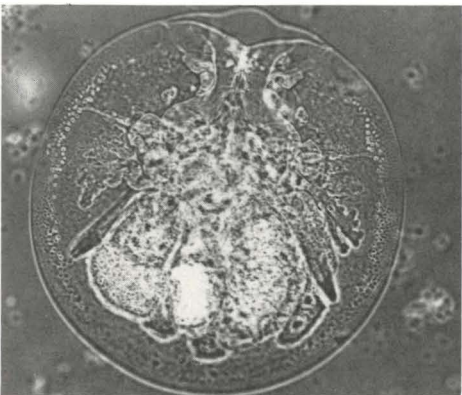


Abb. 4



Abb. 5

Tafel 34

- Abb. 1** *Polyarthra*. Vergr. 10×25
ist ein fußloses Schwertborsten-Rädertier. In 4 Bündeln befinden sich je 3 Rumpfborsten.
- Abb. 2** *Daphnia cucullata*. Vergr. 10×25
Postabdomen. Endkralle ohne Nebenkamm. Blattfußkrebs, Wasserfloh.
- Abb. 3** *Scapholeberis mucronata*. Vergr. 10×10
Das unverkennbare Merkmal die gerade Schalenunterseite mit ausgezogenem Stachel (Mukro) und der vordere Höcker sind auf dem Bild gut zu erkennen. Auch das große Komplexauge und die 9 Borsten der 2. Antenne gehören zur Artbeschreibung (Vergl. auch Abb. 6, S. 161). Blattfußkrebs.
- Abb. 4** *Camptocercus rectirostrum*. Vergr. 10×10
Rostrum überragt 1. Antenne. Blattfußkrebs.

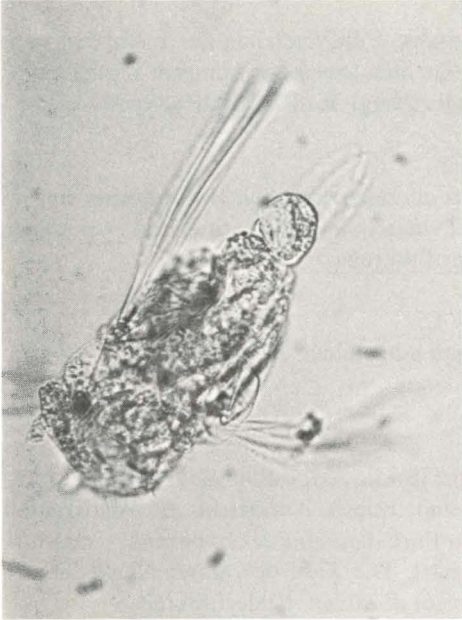


Abb. 1

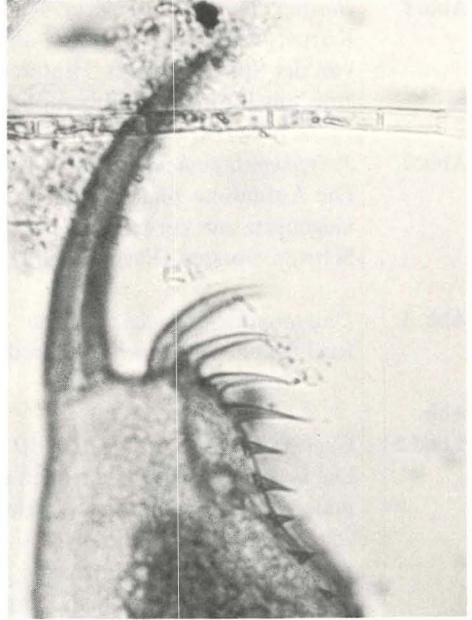


Abb. 2

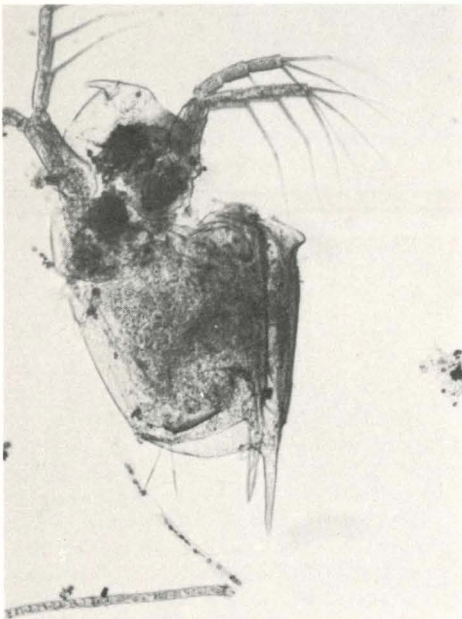


Abb. 3

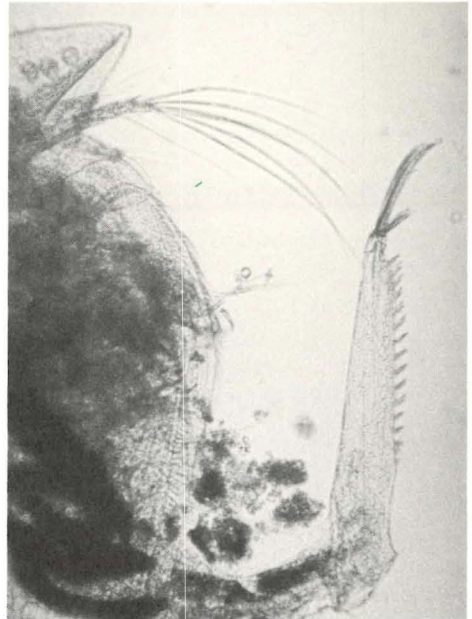


Abb. 4

Tafel 35

- Abb. 1** *Bosmina longirostris*. Vergr. 40×10
Körper, Kopf und Rostrum abgerundet, Fühlborstchen der 1. Antenne weit von der Spitze entfernt. Hintere untere Schalenhecke mit langem Zipfel, davor eine lange Borste. Kein Naupliusauge. (Vergl. T. 10/2). Blattfußkrebs.
- Abb. 2** *Polyphemus pediculus*. Vergr. $10 \times 3,5$
Die Aufnahme zeigt den für die Art charakteristischen Hinterkörper mit im Gegensatz zur Verwandtengattung *Bythotrephis* kurzem Stiel und zwei langen Schwanzborsten (Vergl. T. 10/9). Blattfußkrebs.
- Abb. 3** *Diaptomiden-Männchen*. Vergr. $10 \times 3,5$
Rechte erste Antenne zum Greiforgan umgebildet. Ruderfußkrebs.
- Abb. 4 und 5** *Cyclops strenuus*. Vergr. 10×10
Die beiden Abbildungen sollen einige für die Artbestimmung wichtige Merkmale, die dokumentarisch belegt sind, zeigen. Vergleiche die Artdiagnose (Tafel 8) und die Abb. 6, S. 159. Die Furkaäste sind leicht gespreizt, deutlich gekielt und an der Innenseite behaart. Die Zahl der Antennenglieder der 2. Antenne beträgt 17, man kann sie gut abzählen. Ruderfußkrebs.

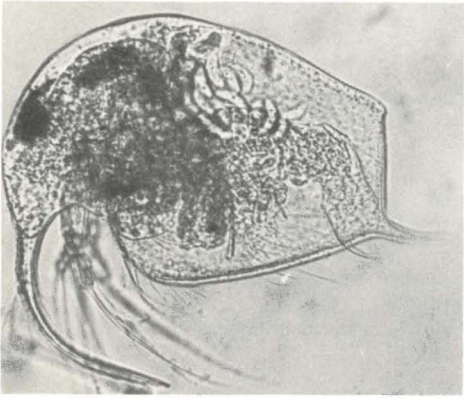


Abb. 1

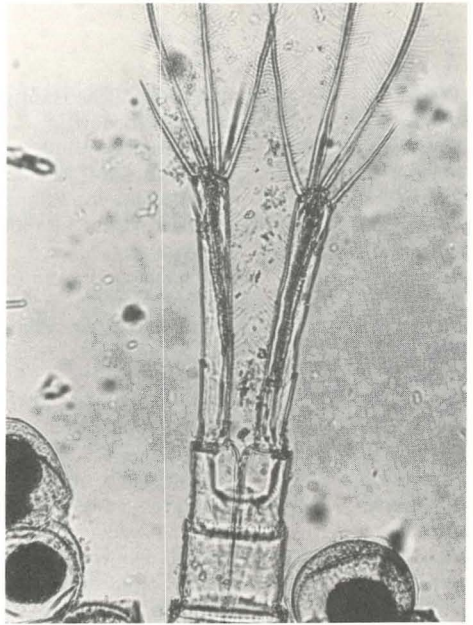


Abb. 4

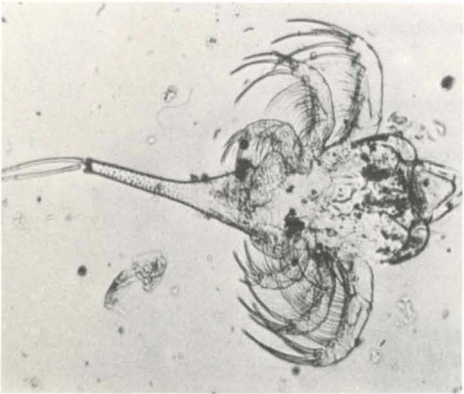


Abb. 2

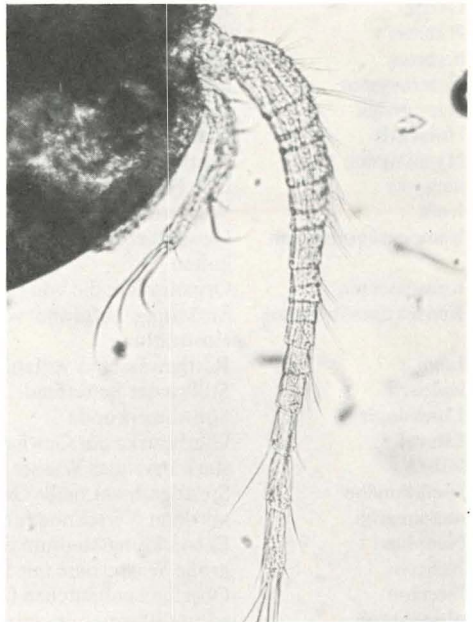


Abb. 5

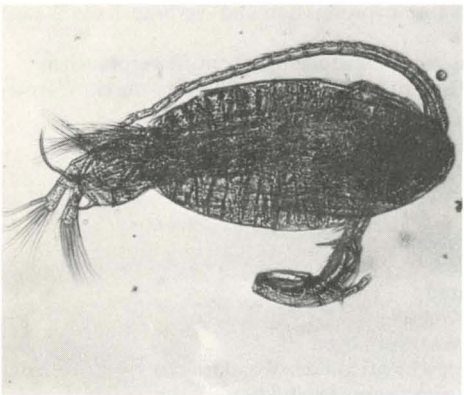


Abb. 3

Erläuterung der Fachbegriffe

Abundanz	unterschiedliche Häufigkeiten verschiedener Arten in einem Biotop
aerob	sauerstoffbedürftig
allochton	unter Fremdeinfluß
anaerob	ohne Sauerstoff lebend
Assoziation	Gesellschaft von Pflanzen und Tieren
Atlantikum	mittlere Wärmezeit (3000 v. Chr.), Eichenmischwaldzeit
autochton	eigenständig
autotroph	Organismen, die aus anorganischen organische Stoffe aufbauen können
Benthal	Tiefenregion des Gewässergrundes
Biozönose	Gemeinschaft der Pflanzen und Tiere in einem Lebensraum
biogen	durch Lebensvorgänge bewirkt
Biotop	Lebensraum
Boreal	frühe Wärmezeit (6000 v. Chr.), Haselzeit und Eichenmischwaldzeit
Detritus	Zerriebene Schweb- und Sinkstoffe
Dy	Torfschlamm
dystroph	nährstoffarm, mit viel Humusstoffen
Epilimnion	durchlichtete Wasserzone
eutroph	nährstoffreich
eurytherm	unabhängig von Temperaturschwankungen
euryök	gegen Schwankungen der Umweltfaktoren unempfindlich
eurybiont	gegen Sauerstoffschwankungen unempfindlich
Furca	Schwanzgabel bei Copepoden
Gamet	sexuelle Keimzelle
Gyttja	Faulschlamm
Habitus	äußere Erscheinungsform
herbivor	pflanzenfressend
Heterocysten	inhaltsame Grenzzellen
heterotroph	auf organische Nahrung angewiesen
Holarktis	nördliche gemäßigte und kalte Zone
Hypolimnion	lichtloser Tiefenbezirk der Gewässer
karnivor	fleischfressend
Kolk	Wasserloch
Kompensationsebene	Gewässerzone, in der sich Substanzproduktion und -verbrauch die Waage halten
Konsumenten	Organismen, die von Produzenten aufgebaute Nährstoffe verbrauchen
Konvektionsströmung	Strömung aufgrund von Dichteänderungen des Wassers durch Wärmeeinstrahlung
Lagg	Restgewässer in verlandeten Mooren
lenitisch	Stillwasser betreffend
Limnologie	Süßwasserkunde
Litoral	Uferbezirke der Gewässer
lotisch	stark bewegtes Wasser betreffend
Metalimnion	Sprungschicht tiefer Gewässer
mesosaprob	mittlerer Verschmutzungsgrad
Nauplius	Entwicklungsstadium der Krebse
Nekton	große Wassertiere mit Schwimmvermögen
Neuston	Oberflächenhäutchen (Kahmschicht) auf der Wasseroberfläche
oligosaprob	nährstoffarm, mit geringer organischer Produktion
oligotroph	nährstoffarm

omnivor	allesfressend
Palmellastadium	bewegungsloser Zustand bei Flagellaten
Parthenogenese	Jungfernzeugung
Pelagial	Freiwasserbereich
perennierend	dauerhaft
Periphyton	Aufwuchs
Photosynthese (Assimilation)	Aufbau von Kohlenhydraten aus CO ₂ und H ₂ O mit Hilfe des Sonnenlichts
Phytoplankton	pflanzliche Planktonorganismen
Plankton	schwebende Kleinlebewesen
Pleuston	Bewohner der Wasseroberfläche
polysaprob	stark verschmutzt
Produzenten	Organismen, die aus anorganischen organische Substanzen aufbauen können
Profundal	lichtlose Tiefe des Wassers
Reduzenten	Mikroorganismen, die organische Substanzen mineralisieren
Rostrum	Rüssel bei Wasserflöhen
Ruderal-	Schutt-
Saprophyten	Fäulnisbewohner, Pilze und Bakterien
Spina	Stachel am Hinterrand der Schale (Phyllopoden)
Sprungschicht	Gewässerzone mit schneller Temperaturänderung
stenotherm	enge Wärmeanpassung
terrestrisch	auf dem Lande
Thermik	durch Wärme verursachte Wasserbewegungen
trichal	Fäden bildend
trophogen	nährstoff erzeugend
tropholytisch	Wasserschicht, in der Nährstoffe mineralisiert werden
Ubiquist	überall vorkommendes Lebewesen
Wasserblüte	Wasserverfärbung durch Massenfaltung von Algen (meistens Blaualgen)
Zirkulation	Wasserumschichtung
Zoospore	durch Geißeln bewegliche Spore
Zyklomorbose	wiederkehrende Gestaltsänderungen bei Planktonorganismen

Verzeichnis der Schülerübungen und Arbeitsbögen

	Kapitel
Arbeitsbogen Nr. 1: Tümpeluntersuchung	1.2
Arbeitsbogen Nr. 2: Tümpeluntersuchung	1.2
Untersuchungen der Makrofauna eines Tümpels	1.3
Versuche zur Atmung und Filtriertätigkeit mit der Teichmuschel	1.3
Versuche zur Atmung und Freßfähigkeit von Wasserschnecken	1.3
Beobachtung der Bildung einer Luftglocke bei der Wasserspinne.	1.3
Demonstration der Enddarmatmung einer Großlibellenlarve	1.3
Demonstration der Atemrohrfunktion der Stechmückenlarve	1.3
Versuche mit tag- und nachtaktiven Räubern.	1.3
Demonstration des Schlupfaktes bei Großlibellen	1.3
Beobachtung zur Fortbewegung von Insektenlarven in und auf dem Wasser	1.3
Demonstration der Oberflächenspannung des Wassers	1.3
Untersuchung der Schwebefähigkeit des Planktons	1.5
Quantitative Phytoplanktonauswertung	1.5.2
Untersuchung der Organismen des Litorals	1.5
Untersuchung der Eigenfarbe	2.3.2
Untersuchung der Sichttiefe	2.3.3
Nachweis der Strahlungsabhängigkeit der Wassertemperatur	2.3.4
Grafische Darstellung der Beziehungen zwischen Temperatur und Auftrieb	2.3.5
Einfluß der Reibung auf die Sinkgeschwindigkeit	2.3.6
Quantitative Bestimmung des Sauerstoffgehaltes nach WINKLER	2.4.2.1
Quantitative Bestimmung des Sauerstoffgehaltes nach MERCK	2.4.2.2
Bestimmung der Sauerstoffzehrung in einer Probe Tümpelwasser	2.4.2.3
Bestimmung der freien Kohlensäure	2.4.3
Bestimmung des pH-Wertes und des SBV	2.4.4
Bestimmung der Gesamthärte.	2.4.5
Bestimmung von Ammonium, Nitrat und Nitrit.	2.4.6
Bestimmung von Sulfat, Phosphat, Eisen und Chlorid	2.4.8
Übungen zum Gebrauch des Mikroskops	2.5.1
Auswertung von Tümpeluntersuchungsergebnissen	3
Schüleraufgaben zur Charakterisierung der Kleingewässer	3
Versuche mit der Wasserpest	4.2.1
Versuche mit Schwimmblattpflanzen.	4.2.1
Untersuchungen der Benutzung von Pflanzenteilen durch Tiere	4.3
Arbeitsbogen Nr. 3: Litoral, Herstellung eines Vegetationsprofils	4.3.1
Untersuchung der Grundwasserfauna	4.3.2
Arbeitsbogen Nr. 4: Geröllstrand	4.3.2
Versuche zur Objektträgermethode	4.3.3
Bestimmung von Laich auf Schwimmblättern	4.3.4
Untersuchung des Oberflächenhäutchens.	4.3.5
Erarbeitung der Unterschiede zwischen Brandungs- und Verlandungsufer eines Sees.	4.4
Versuche mit Chironomiden und Tubificiden.	4.5
Versuch zur biologischen Selbstreinigung des Wassers	5.2.1
Untersuchung der Strömungsgeschwindigkeit	6.1
Untersuchung von Kalkgehalt und Fauna eines Baches	6.1
Untersuchung eines Bachbettes.	6.1

Untersuchung des Einflusses der Strömungsgeschwindigkeit auf den Bau der Mollusken- schalen	6.1
Einfluß der Strömungsgeschwindigkeit auf Körperhöhe von Eintagsfliegenlarven.	6.1
Übungen zur Untersuchung der Bergbachfauna	6.2
Arbeitsbogen Nr. 5: Wir beobachten Libellen.	6.2

Literatur

Bücher

- BAUMEISTER, W.: Planktonkunde für Jedermann. Stuttgart 1971
BITTNER, E.: Blaualgen. Stuttgart 1972
BRAUER, A.: Süßwasserfauna Deutschlands. Stuttgart 1961
BROHMER, P.: Fauna von Deutschland. Heidelberg 1961
Chemische Wasseruntersuchungen: MNU. H. 33
DONNER, J.: Rädertiere. Stuttgart 1973
ELLENBERG, H.: Ökosystemforschung. Berlin 1973
ELSTER, H. J. u. W. OHLE: Das Zooplankton der Binnengewässer, Stuttgart 1972
ENGELHARDT, W.: Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? Stuttgart 1971
FOTT, B.: Das Phytoplankton des Süßwassers. Stuttgart 1972
GESSNER F.: Hydrobotanik. Berlin 1959
HARNISCH, O.: Die Biologie der Moore. Binnengewässer VII 1929. Stuttgart
HERBST, H. V.: Blattfußkrebse. Stuttgart 1962
HUBER-PESTALOZZI, G. H.: Das Phytoplankton des Süßwassers. Stuttgart 1938–42
HUSTEDT, F.: Kieselalgen. Stuttgart 1969
ILLIES, H.: Limnofauna Europaea. Stuttgart 1969
KIEFER, F.: Ruderfußkrebse. Stuttgart 1963
KLOTTER, H. E.: Grünalgen. Stuttgart 1970
LENZ, F.: Biologie der Süßwasserseen. Berlin 1928
LIEBMANN, H.: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. München 1962
MENKE, H.: Forsten und Wasser als Lebensraum von Pflanze, Tier und Mensch. Salle, Frankfurt 1940
MERCK, Darmstadt: Die Untersuchung von Wasser
MERCK, Darmstadt: Merckoquanttests und Aquaquant
MOELLRING, F.: Mikroskopieren von Anfang an. Aalen 1968
MOSTLER, KRUMMWIEDE, MEYER: Methodik und Didaktik des Biologieunterrichts. Heidelberg 1975
MÜHLENBERG, M.: Freilandökologie. Stuttgart 1976
RHEINHEIMER, G.: Mikrobiologie der Gewässer. Stuttgart 1976
ROBERT: Die Libellen. Bern 1959
ROMEIS, B.: Mikroskopische Technik. München 1968
RUTTNER, F.: Grundriß der Limnologie. Berlin 1962
RYLOW, M.: Das Zooplankton der Binnengewässer. Stuttgart 1935
SERNOW, S. A.: Allgemeine Hydrobiologie. Berlin 1958
SCHIEMENZ, H.: Die Libellen unserer Heimat. Jena 1953
SCHMIDT, E.: Ökosystem See. Heidelberg 1978
SCHUBERT, A.: Praxis der Süßwasserbiologie. Berlin 1972
SCHWOERBEL, J.: Einführung in die Limnologie. U. C. B. 31, Stuttgart 1977
SCHWOERBEL, J.: Methoden der Hydrobiologie. Stuttgart 1966
STEINECKE, F.: Das Plankton des Süßwassers. Heidelberg 1962
STEINECKE, F.: Der Süßwassersee. Leipzig 1940
STRENZKE, K.: Ökologie der Wassertiere. Konstanz 1957
STRESEMANN, E.: Exkursionsfauna von Deutschland. Berlin 1967
THIENEMANN, A.: Die Binnengewässer Mitteleuropas. Stuttgart 1925
WESENBERG-LUND: Biologie der Süßwasserinsekten. Berlin 1943

Zeitschriftenaufsätze

- BEHRENS, H.: Temperatur- und Sauerstoffuntersuchungen in Tümpeln und Brunnen. Archiv für Hydrobiologie, Bd. 31, Seite 145–162. Stuttgart 1932
- BRANDT, v. A.: Temperaturschwankungen in kleinen Waldgewässern. Archiv für Hydrobiologie, Bd. 30, Seite 132–141, Stuttgart 1936
- BURCKHARDT, H. u. BURGSDORF, H. L.: Floristische und pflanzensoziologische Betrachtung des Naturschutzgebietes «Schwarzes Wasser» bei Wesel. Gewässer und Abwässer, Heft 30/31, Seite 36–98. Düsseldorf 1962
- DITTMAR, H.: Ein Sauerlandbach. Arch. f. Hydrobiol., 50, Seite 307–552, Stuttgart 1955
- ELSTER, H. J.: Die Stoffwechselfynamik der Binnengewässer. Zoologischer Anzeiger 27, 1963
- FRIEDRICH, G.: Floristische und pflanzensoziologische Untersuchung an drei niederrheinischen Weihern. Gewässer und Abwässer, Heft 50/51, Seite 83. Kempen 1971
- GESSNER, F.: Schwankungen im Chemismus kleiner Gewässer und ihre Beziehungen zur Pflanzenassimilation. Archiv für Hydrobiologie, Bd. 24. Stuttgart 1932
- GIEYSZTOR, M.: Limnologische Untersuchungen an einigen Kleingewässern. Arch. d. Hydrob. et d'Ichthyol. 1935 VIII Suwalki
- HERBST, H. V.: Ökologische Untersuchungen an der Crustaceenfauna südschleswiger Kleingewässer mit besonderer Berücksichtigung der Copepoden. Arch. f. Hydrob., Bd. 45. Stuttgart 1951
- HERBST, H. V.: Die Copepoden des «Schwarzen Wassers» bei Wesel. Gewässer und Abwässer, Heft 46, Seite 62–83. Düsseldorf 1968
- HÖPPNER, H.: Das Hülsbruch einst und jetzt. Die Natur am Niederrhein, 1927, Seite 3, 1, 24–32
- ILLIES, J.: Die Mölle. Arch. f. Hydrobiol., Bd. 46, Seite 424–612, Stuttgart 1952
- KNOTT, W.: Niederrheinische Stechmücken. Hydrobiologia 1959, Vol. 13
- KRAMER, H.: Ökologische Untersuchungen an temporären Tümpeln des Bonner Kottenforstes. Decheniana. Bonn 1964. Bd. 117, Seite 53–152
- KREUZER, R.: Limnologisch-ökologische Untersuchungen an holsteinischen Kleingewässern. Arch. f. Hydrob., Suppl. Bd. 10, Seite 359–573. Stuttgart 1930–1940
- KÜHLHORN, F.: Vorschlag zur Vereinheitlichung der Klassifizierung von Klein- und Kleinstgewässern. Gewässer und Abwässer, Bd. 39/40. Düsseldorf 1965
- KUCHAR, K. W.: Bakterien und Sauerstoff in Kleingewässern. Archiv f. Hydrob. XLIV. Stuttgart 1951
- KÜMMEL, K.: Das Verschwinden der Sümpfe und Moore am Niederrhein. Decheniana 97 VH. 84. Bonn 1938
- MEINEL, MATTHIAS, SCHÖCKE: Eine neue Methode zur Beobachtung von Fließwasserorganismen im Rundstromkanal, Köln 1979 (Praxis der Naturwissenschaften)
- MIEGEL, H.: Die Coregonen des Laacher Sees. Zeitschrift für Fischerei XIV, 5, 6. Berlin 1966
- MIEGEL, H.: Untersuchungen zur Molluskenfauna linksrheinischer Gewässer im Niederrheinischen Tiefland und des Rheingebietes. Gewässer und Abwässer, Heft 33. Düsseldorf 1963
- MIEGEL, H.: Restgewässer des Hülsbruches bei Krefeld. Limnologischer Bericht über ein niederrheinisches Bruch im Jahr der Feuchtgebiete 1976. Gewässer und Abwässer. Kempen
- MITIS, H. v.: Das Altwasser. Ein Beitrag zur Gewässersystematik. Archiv f. Hydrob., Bd. 34. Stuttgart 1938
- NEUSS, P.: Hydrobiologische Studien an Moortümpeln im Hohen Venn. Verh. d. Naturh. Ver. d. Rheinl. u. Westf. Bd. 94. Bonn 1937
- OHLE, W.: Kalksystematik unserer Binnengewässer. Geologie der Meere und Binnengewässer, Bd. 1, Seite 291–316. 1937
- OHLE, W.: Gewässer und Umgebung als ökologische Einheit. Gewässerschutz – Wasser – Abwasser. Aachen 1971
- OVERBECK, J.: Bakterien im Gewässer. Umschau Jg. 1968, Seite 587–592
- OVERBECK, J.: Microbiology and biochemistry. Mitt. int. Ver. Limnol. 20, Seite 198–228, Stuttgart 1974
- PESTA, O.: Kleingewässerstudien in den Ostalpen. Arch. f. Hydrob., Bd. 29, Seite 296–345. Stuttgart 1936
- PICHLER, W.: Zur Terminologie der Kleingewässer. Arch. f. Hydrob., Bd. 41. Stuttgart 1947

- ROHNERT, U.: Wassererfüllte Baumhöhlen und ihre Besiedlung. Arch.f.Hydrob., **44**, 3, Seite 472–516. Stuttgart 1951
- ROLL, H.: Holsteinische Tümpel und ihre Pflanzengesellschaften. Arch.f.Hydrob., Suppl. Bd. **10**, Seite 574–627. Stuttgart
- SAUER, F.: Die Makrophytenvegetation ostholsteinischer Seen und Teiche. Arch.f.Hydrob., Suppl. Bd. **6**. Stuttgart
- SCHMIDT, E.: Ökologische Analysen der Ufervegetation. MNU **25** (8) 1972
- SCHMIDT-RIES, H.: Das Hülserbruch, ein Beispiel für den Gewässerschwund am linken Niederrhein. Gewässer und Abwässer, H. **8**, Seite 7–23. Düsseldorf 1954/55
- SCHMIDT-RIES, H.: Beiträge zur Physiographie der Eifelmaare. Gewässer und Abwässer, **9/10**. Düsseldorf 1954/55
- SCHNEIDER, W.: Das «Schwarze Wasser» bei Wesel, ein niederrheinischer Heideweiher. Die Natur am Niederrhein, Bd. **14**, Seite 35–40. Krefeld 1938
- SPANDL, H.: Die Tierwelt vorübergehender Gewässer Mitteleuropas. Arch. f. Hydrob., Bd. **16**, Seite 74–132. Stuttgart 1926
- STEEGER, A.: Landschaftsformen am linken Niederrhein. Die Natur am Niederrhein 1925, Bd. **1**, **1**, 8–19
- THIENEMANN, A.: Der Bergbach des Sauerlandes. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. Suppl. Bd. **4**, Seite 1–125
- THIENEMANN, A.: Frostboden und Sonnenstrahlung als limnologische Faktoren. Arch. f. Hydrob., Bd. **34**, Heft 2. Stuttgart
- THIENEMANN, A.: Grundzüge einer allgemeinen Ökologie. Arch. f. Hydrob., Bd. **35**. Stuttgart 1939
- WEIMANN, R.: Zur Gliederung der Dynamik der Flachgewässer. Arch. f. Hydrob., Bd. **38**, Seite 481–526. Stuttgart 1942

Abbildungsnachweis

K. AULICH, aus «*Pflanzenkunde*», Verlag Sauerländer, Aarau:

Tafel 1, Abb. 1–4, 6–14; Tafel 3, Abb. 8, 9, 17; Tafel 12, Abb. 1; Tafel 13, Abb. 4; Tafel 15, Abb. 5; Tafel 17, Abb. 3–5; Tafel 25, Abb. 1–16; Tafel 26, Abb. 1–19; Tafel 27, Abb. 1–18; Tafel 28, Abb. 1–18.

W. ENGELHARDT, aus «*Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?*», Kosmos-Verlag, Franckh, Stuttgart:

Tafel 6, Abb. 8; Tafel 11, Abb. 2–11; Tafel 12, Abb. 2–9; Tafel 13, Abb. 2, 3, 5–7; Tafel 14, Abb. 3, 7, 10b; Tafel 16, Abb. 6, 8; Tafel 17, Abb. 1, 2; Tafel 23, Abb. 1a, c, e, 2, 3; Tafel 24, Abb. 1, 4.

H. V. HERBST, aus «*Blattfußkrebse*», Kosmos-Verlag, Franckh, Stuttgart:

Tafel 9, Abb. 1–8; Tafel 10, Abb. 1–9.

H. MIEGEL, Krefeld:

Abb. 1, 5 a–f, 10 a, b, 15, 18, 19, 20, 34; Tafel 1, Abb. 5; Tafel 2, Abb. 1, 4, 6; Tafel 3, Abb. 2–6, 13, 15, 16; Tafel 4, Abb. 7, 8; Tafel 5, Abb. 6, 7–11, 13; Tafel 6, Abb. 4, 5; Tafel 7, Abb. 1–4; Tafel 8, Abb. 3–5, 10, 11; Tafel 10, Abb. 10; Tafel 18, Abb. 1–9; Tafel 19, Abb. 1–7; Tafel 20, Abb. 1, 12; Tafel 21, Abb. 1–11; Tafel 22, Abb. 1–9; Tafel 23, Abb. 1b, 4–6; Tafel 24, Abb. 3; Tafel 29, Abb. 1–4; Tafel 30, Abb. 1–3; Tafel 31, Abb. 1–4; Tafel 32, Abb. 1–5; Tafel 33, Abb. 1–5; Tafel 34, Abb. 1–4; Tafel 35, Abb. 1–5.

W. SCHÖNMANN, aus «*Tierkunde*», Verlag Sauerländer, Aarau:

Tafel 3, Abb. 1, 7; Tafel 4, Abb. 4, 9, 10; Tafel 5, Abb. 1–5, 12; Tafel 6, Abb. 1–3, 6, 7; Tafel 11, Abb. 1; Tafel 13, Abb. 1; Tafel 14, Abb. 1, 2, 4–6, 8, 9 a, b, 10 a; Tafel 15, Abb. 1–4, 6, 7; Tafel 16, Abb. 5 a–c, 7; Tafel 24, Abb. 2.

H. STREBLE, aus «*Das Leben im Wassertropfen*», Kosmos-Verlag, Franckh, Stuttgart:

Tafel 2, Abb. 2, 3, 5, 7, 8; Tafel 3, Abb. 10–12, 14; Tafel 4, Abb. 1–3, 5, 6; Tafel 8, Abb. 1, 2, 6–9, 12; Tafel 16, Abb. 1–4.

Zur Reihe

Die Laborbücher Biologie bieten zu speziellen Wissensgebieten ein Lehrprogramm, das Theorie und Experiment aufeinander bezogen darstellt. Die Vorschläge zu praktischen Übungen und zur Bearbeitung angewandter Probleme ermöglichen die Vorbereitung und Durchführung von Praktika im Schul- und Hochschulbereich.

Zum Buch

Durch die exemplarische Behandlung der wichtigsten Klein- und Fließgewässertypen gibt dieses Buch neuartige Anregungen für einen praxisbezogenen Kursunterricht zur Ökologie der Gewässer. Die Abbildungen und Fotos von Tieren und Pflanzen dieses Lebensraumes ersetzen ein gesondertes Bestimmungsbuch. Laborexperimente erlauben eine vertiefte Behandlung physiologischer Probleme. Der Seenkunde sind Sonderkapitel gewidmet, die das limnologische Wissen unter typologischen und allgemeinökologischen Gesichtspunkten sinnvoll ergänzen. Exkursionsbeschreibungen eröffnen hier Möglichkeiten, aus eigener Anschauung zu lernen. Probleme der Gewässerbelastung und Methoden der Abwasserreinigung werden behandelt.

Diesterweg Salle **5611**
Sauerländer